東南無綫電叢書

無綫電與電子工程實驗

鄺文熾編著

版 權 所 有
翻 印 必 究

一九七〇年二月一日出版

無線電與電子工程實驗

編著者：鄺　文　熾

承印者：新力印刷公司
九龍旺角甘芳街二十一號
電話：K-八四五六九一

定價HK$50.00

$60.00

實　驗　須　知

（一）實驗前應注意事項：

1. 本校各班實驗，均採用個別訓練法，實驗時，每人供給器材一份，及工具一套。各人工作位置預先由教員編定，未經許可，不得變更。
2. 領取器材及工具後，要小心保管。
3. 未開始實驗前，應先將本實驗之項目及線路圖研究清楚，始可着手進行工作。
4. 未經許可，不得任意使用他人器材及工具。
5. 在休息期間，各人不得移動工作位置及一切器材。
6. 實驗器材，絕對不准携帶出實驗室外。
7. 凡毀壞實驗器材者，應負責照價賠償。
8. 在實驗室內，嚴禁吸煙及大聲喧嘩。

（二）實驗時應注意事項：

1. 凡從事于電子工程實驗者，應以冷靜的頭腦，及沉着的態度，聚精會神，從容順序進行工作，始能獲得預期效果，否則，不特徒勞而無功，反會招致意外損害。
2. 將待測電路接妥後，要再三加以精密覆查，若確無錯誤，始可將供給電源閉路。
3. 要認清楚電路各測驗點之最大電壓，電流及功率數值，然後選用電表之適合測量範圍，以免有過載危險。
4. 測量電流時，必須將電流表與測驗電路串連，切勿跨接電源或加載兩端間，以免損壞。

5. 測量電壓時，必須將伏表紅試棒接在測驗電路之正端，黑試棒接在負端。
6. 測量阻力時，必須將電阻由電路移開，然後接在歐姆表紅黑試棒間。
7. 高壓危險，會傷害生命。測量電壓時，必須先將黑試棒夾在底板或（B－）上，然後單手握紅試棒，依次觸在各測驗點上，如此可避免電震，以策萬全。
8. 電子儀器至爲精密，偶一不愼，卽遭受損壞，在實驗時，務須小心保管使用。
9. 實驗完畢，要將全部器材及工具，交由教員檢收，證明無誤後，始可離開工作位。

（三）寫作實驗報告應注意事項：

(1) 使用規定實驗報告紙，依下列方式寫作：
- a. 實驗標題。
- b. 日期。
- c. 應用儀器。
- d. 用顏色標誌繪製線路圖，將各級工作原理及各零件之功用加以說明。
- e. 實驗方法及程序。
- f. 結果：將各項測驗數據，計算結果，及曲線等塡上。
- g. 討論：討論實驗過程中所遇到各種現象，及將該實驗各項問題解答清楚。

(2) 每次實驗報告，須依照指定時間內繳交。

(3) 實驗報告發還後，要妥爲保存，至學期結束時，釘裝成册，交教員作最後校閱。

第一章

實驗技術

1—1 普遍應用之符號及縮寫

術	語	符號	縮寫
Admittance	納導	Y, y	
Adjuster	調節器		ADJ.
Airport surveillance radar	機場監視雷達		ASR
Alternating current	交流		a-c
Alternating current or direct current	交直流電		a-c/d-c
American Standards Association	美國標準局		ASA
American Wire Gauge	美國綫規		AWG
Ampere, unit of current flow	安倍		a或Amp
Millampere	毫安		ma
Microampere	微安		ua
Ampere-turn	安倍圈	NI	A-T
Angular velocity	角速	$2\pi f$	
Antenna	天線		ant.
Apparent power	表功率	VA	A-P
Area	面積		A
Circular mils	圓密耳		cm
Square centimeters	平方公分		Sq cm
Square inches	平方吋		sq in
Audio frequency	聲頻		a-f
Automatic bass compensation	自動低音補償		ABC
Automatic direction finder	自動尋向器		ADF
Automatic stereophonic recording Amplifier	自動原音錄音放大器		ASRA
Automatic volume expansion	自動响度伸展		AVE
Automatic volume control	自動响度控制		AVC
Amplified automatic volume control	放大自動响度控制		AAVC
Delayed automatic volume control	延遲自動响度控制		DAVC
Quiet automatic volume control	寂靜自動响度控制		QAVC
Automatic tone compensation	自動音質補償		ATC
Balance	平衡		BAL
Base of a transistor	晶體管的基極		B
Blind Approach Beacon System	機場跑道盲目領航系統		BABS
British Standard Wire Gage	英國標準線規		BSWG
Broadcast interference	廣播信號干擾		BCI
Brown & Sharpe Wire Gage	美國綫規		B&S
Broadcast band	廣播波段		BC

Bureau of Stanards	美國標準局		B.S.
Capacitance	容電量		C
Capacitor	容電器		C
Cathode-ray	陰極射綫		C-R
Cathode-ray tube	陰極射綫管		CRT
Cathode-ray-tube oscilloscope	陰極射綫管示波器		CRTO
Centimeter (0.3937 inch)	公分		cm
Centimeter-gram-second	公分一克一秒		cgs
Clockwise	順時針		CW
Closed-circuit television	閉路電視		CCTV
Communication Engineering Standard	日本電信工業總會制定晶體管之標誌編號		CES
Conductance	電導	G	
Conductivity	電導率	r	
Constant	常数	K	
Continuous wave	等幅波		c-w
Coulomb, unit of charge	庫隆	Q	
Counterclockwise	逆時針方向		CCW
Coupling, coefficient of	耦合係数	K	
Current	電流	I	
Average value	平均值	Iave	
Effective value or Root-mean-square	有效值	I	rms
Instantaneouse value	瞬值	*i*	
Maximum value	最大值	Imax	
Signal	電信號流	*is*	
Crystal	晶體		XTAL
Cycles	週波		c
Per secone (frequency)	頻率，每秒週		cps 或 c/sec
Kilocycles (1000C)	千週		kc
Megacycles (1000KC)	兆週		Mc
Gigacyles (1000MC)	十億週		Gc
Decibel	分貝		db
Density	密度	B	
Detector	檢波器		det
Diameter	直徑	d	
Dielectric constant	介質常數	K	
Dielectric flux	介質通量	ψ	
Difference of potential	電位差	E e	
Direct	直接		DIR
Direction Finder	定向儀		DF
Direct current	直流電		d-c
Direct current working volt	直流工作電壓		DCWV
Discriminator	鑑頻器		discr

Distance	距離		
Distance-measuring equipment	測距儀	d	DME
Efficiency	效率		eff
Electric field intensity	電場強力	E	
Electromotive fore	電動力		emf
Counter electromotive force	反電動力		cemf
Electronic Industries Association	電子工業聯會		EIA
Emitter	晶體管的射極		E
Energy	能力	W	en
External	外		EXT
Farad, unit of capacitance	法,容電量單位		f
Microfarad	微法		μ f
Nanofarad	毫微法		*nf*
Micromicrofarad or Picofarad	微微法		$\mu\mu$ f or p *f*
Facsimile	傳真		
Feet	呎		ft
Flux, magnetic	磁束	ϕ	
Force	力	F	
Frequency	頻率	f	
Audio	聲頻		a-f
Video	視頻		V-*f*
Intermediate	中頻		i-f
Modulation	調頻		f-m
Radio	射頻		r-f
Resonance	諧振頻率		
Very Low (10-30KHz)	甚低頻率		VLF
Low (30-300KHz)	低頻率		LF
Medium (300-3,000KHz)	中等頻率		MF
High (3-30MHz)	高頻率		HF
Very-high (30-300MHz)	甚高頻率		VHF
Ultra-high (300-3,000MHz)	超高頻率		UHF
Super-high (3,000-30,000MHz)	特高頻率		SHF
Ferquency-division multiplex	分頻多工發射		*fdm*
Gausses	高斯	B	
Gilber unit of magnetomotive fore	基	F	
Greek alphabet	希腊字母		
Alpha	角,因數,衰減常數	A, α	
Beta	角,因數,相位常數	B, β	
Gamma	電導率,比重,傳播常數	r, γ	
Delta	變化,減幅率	$\triangle$, δ	
Epsilon	自然對數底2.71828	E,e	
Zeta	坐標,係數	Z, ζ	
Eta	磁帶	H, η	

Theta	相角變換	Θ, θ	
Iota	單位矢向量	I, ι	
Kappa	介質常數，耦合係數	K, κ	
Lamda	波長，衰減因數	Λ, λ	
Mu	放大因數，誘磁率，微，	M, μ	
Nu	磁阻係數	N, ν	
Xi	坐標	Ξ, ξ	
Omicron		O, ο	
Pi	3.1416,即圓周對直徑之比	Π, π	
Rho	比阻	P, ρ	
Sigma	總數，電導率，漏電係數	Σ, σ	
Tau	時間常數	T, τ	
Upsilon		Υ υ	
Phi	角，磁束	Φ, φ	
Chi	角，	X, χ	
Psi	介電束，相位差	Ψ, ψ	
Omega	阻力單位歐姆，角速2π f	Ω, ω	
Ground	地，地线		GND
Ground-to-air	機場之地對空電信		G / A
Ground-to-ground	兩地間之電信		G / G
Greenwich mean time	格蘭威治時間		GMT
Henry	亨利	L	h
Millihenry	毫亨利		mh
Microhenry	微亨利		μ h
Hertz	赫（頻率單位，用每秒赫代替每秒週）		Hz
Kilohertz	千赫		KHz
Megahertz	兆赫		MHz
Gigahertz	十億赫		GHz
High-fidelity	高傳真度		Hi-Fi
Horizontal	水平		H或HOR
Impedance	阻抗	Z	
inductance, self	自感量	L	
Mutual	互感量	M	
Industral television	工業上的電視		ITV
Input/output devic	輸入對輸出儀器		I / O
Instantaneous automatic-gain control	瞬時自動增益控制		IAGC
Institute of Electrical Engineers	英國電機工程師學會		IEE
Institute of High-Fidelity Manufacturers	高傳真度製造敵學會		IHFM
Institute of Radio Engineers	美國無線電工程師學會		IRE
Instrument Landing Sytem	着陸系統儀器		ILS
Intensity, magnetic field	磁場強度	H	
Internal	内		INT

Internal connection	内連接		IC
Interrupted continuous wave	斷續等幅波		ICW
International Radio Consultative Committee	國際電訊諮詢委員會 (歐洲電視系統)		C.C.I.R.
International Telecommunication Union	國際電訊協會		ITU
Joint Army-Navy Color Cods	軍用式顏色標誌		JAN
Joule	焦爾，成功之單位	J	J
Key	電鍵		KY
Kilo	千		k
Loudspeaker	揚聲器	LS	
Magnetomotive force	磁動力		MMF
Magnetic direction indicatior	磁向指示器		MDI
Master Oscillator Power Amplifier	主振功率放大器		MOPA
Mathematical symbols	数學符號		
Equals	等于	$=$	
is approximately equal to	約等于	$\cong$	
Does not equal	不等于	$\neq$	
Is greater than	大于	$>$	
Is much greater than	甚大于	$\gg$	
Is less than	小于	$<$	
Is much less than	甚小于	$\ll$	
Therefore	故此	$\therefore$	
Multiplied by	乘以	$\times$ 或 $\cdot$	
Divided by	除以	$\div$ 或 :	
Positive or plus	正或加	$+$	
Negative or minus	負或減	$-$	
Angle	角	$\angle$	
Sine	正弦		Sin
Cosine	餘弦		Cos
Tangent	正切		Tan
Common logarithm	普通對數		Log
Antilogarithm	反對數		Antilog
Cologarithm	餘對數		Colog
Maximum	最大		Max
Maxwell	馬克士維(磁束單位)	Φ	
Meter	公呎		m
Centimeter	公分		cm
Millimeter	公厘		mm
Minimum	最小		Min
Microalloy transistor	微合金晶體管		MAT
Microphone	傳音器	M	
Modulated Continuous wave	調幅式等幅波		MCW
Modulation	調制		Mod

Amplitude	調幅		AM
Frequency	調頻		FM
Percent of	調制百分數	%	
Phase	調相		PM
Single-sideband modulation	單頻帶調制		SS或SSB
Nationtal TV System Committee	國家電視系統委員會（美國彩色電視系統）		NTSC
Narrow-band frequency modulation	狹頻帶頻率調制		NBFM
Noise limiter	噪音限制器		NL
No connection	不接		NC
Oersted	噢斯得，(磁強度單位)	H	
Ohm	歐姆(阻力單位)	Ω, ω	
Meg	兆歐姆		meg
Oscillator	振蕩器		OSC
Beat frequency	差頻振蕩器		BFO
Electron coupled	電子耦合式		ECO
Tuned grid tuned plate	調柵調屏式		TGTP
Tuned plate not tuned grid	調屏不調柵式		TNT
Peak to peak	峯至峯		p-p
Permanent magnet., loudspeaker	永久磁式揚聲器		pm
Permeability	誘磁率	μ	
Phase Alternation Line	相位交替綫（香港彩色電視系統）		PAL
Phase angle	相角	θ	
Picture	圖像		PIX
Pole, north	磁石北極	N	
South	南極	S	
Pound	磅		Lb
Power	功率		P
Power, output	輸出功率		Po
Power, output maximum	最大輸出功率		Pom
Power output maximum undistorted	最大不失真輸出功率		Pomu
Power amplifier	功率放大器		PA
Power factor	功率因數		P-f
Primary	初級	P	
Pulse-amplitude modulation	脉衝振幅調制		PAM
Pulse-frequency modulation	脉衝頻率調制		PFM
Push Pull	推挽		pp
Q-factor	阻抗比	Q	
Radio-Electronics-Television ManufacturerAsssociation	電信—電子—電視製造廠商聯會		RETMA
Radio Manufacturers Association	無线電廠商聯會		RMA
Reactance	電抗	X	

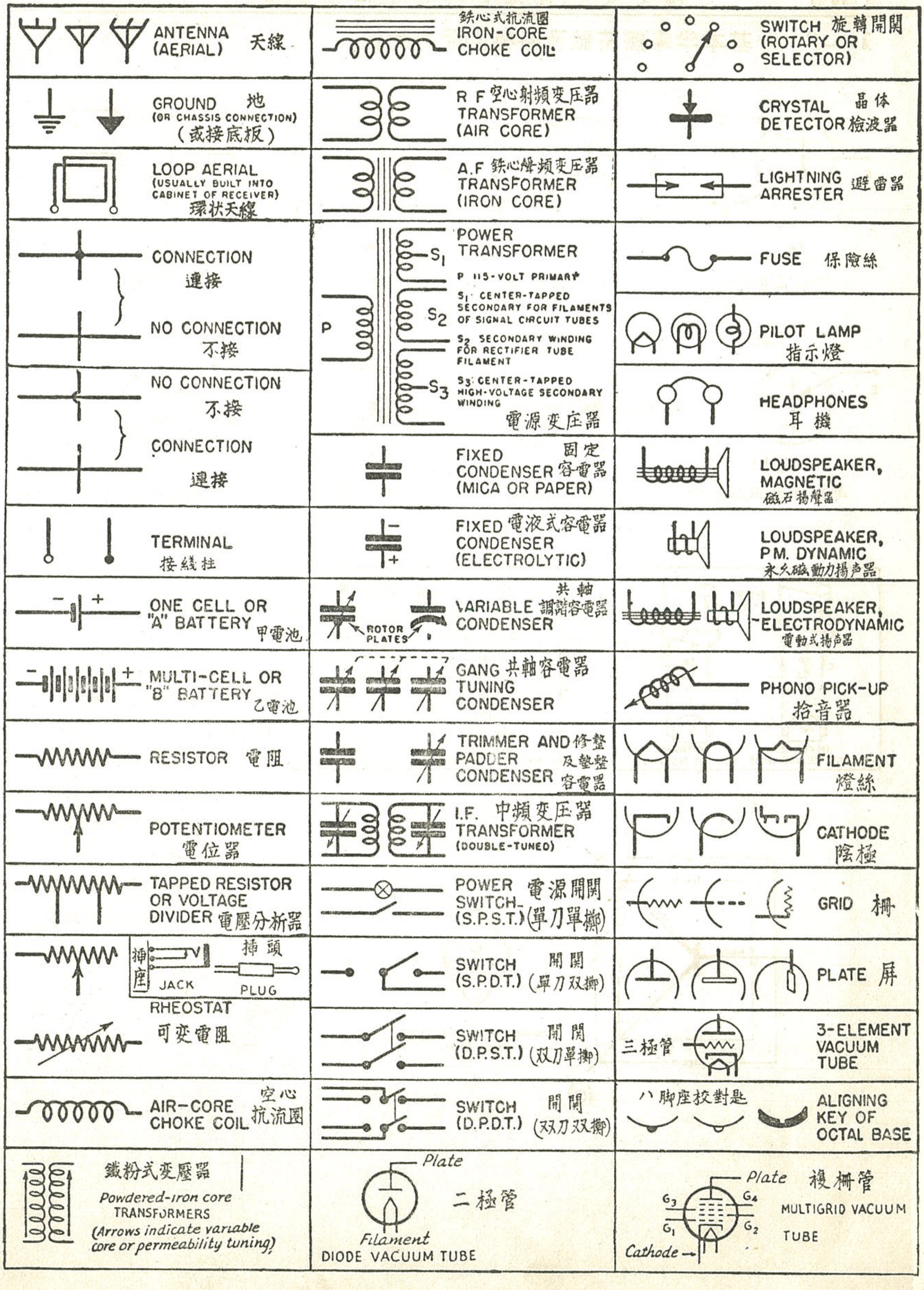
Inductive	感抗	Xl	
Capactive	容抗	Xc	
Reluctance	磁阻	ℛ	
Resistance	阻力	R或r	resis
Resistivity	比阻	*P*	
Revolution per minute	每分鐘旋轉		rpm
Root mean square	根均方值(有效值)		rms
Secondary	次級	S	
Selector	選擇器		SEL
Short wave	短波		SW
Signal generator	信號產生器		SG
Signal tracer	信號尋跡器		ST
Society of Motion Picture and TV Engineers	電影及電視工程師協會		SMPTE
Sound-pressure level	聲壓力水平		SPL
Standing-wave ratio	駐波比率		SWR
Switch	開關		Sw
Single pole single throw	單刀單擲		spst
Single pole double throw	單刀雙擲		spdt
Double pole single throw	雙刀單擲		dpst
Double pole double throw	雙刀雙擲		dpdt
Three deck, four circuit, eight Positions	三層，四電路，八位置		3d-4c-8p
Synchronizing	同步		SYNC
System Essentially Contrary to American Method	與美國相反系統（法蘇兩國所用彩色電視系統）		SECAM
Target	靶極		TA
Television	電視		TV
Television Interference	電視干擾		TVI
Temperature, coefficient	溫度係數	Tc	
Degree Centigrate	攝氏度數	°C	
Degree Fahrenheit	華氏度數	°F	
Thickness	厚度	t	
Time	時間	t,T	
Seconds	秒		sec
Microseconds	微秒		μ sec
Millisecond	毫秒		msec
Minutes	分		min
Hours	時		hr
Time constant	時間常數	t	
Tone control	音質控制		TC
Transformer	變壓器	T	
Transistor Symbols:	晶體管符號		
An intrinsic-region transistor with a P-type base and N-type emitter and collector	陽型基極，型陰射極及集極本徵體晶體管		NPIN

An intrinsic-region transistor in which the intrinsic region is located between two P-region	在兩陽型體間加入本徵體		NPIP
A Junction transistor with a P-type base and an N-type collector and emitter	陽型基極，陰型射極及集極之面觸式晶體管		NPN
A Hook transistor with a P-type base, N-type emitter, and a hook Collector.	陽型基極，陰型射極及鈎型集極之鈎型晶體管		NPNP
A transistor in which its intrinsic region is between two N-region	本徵體位于兩陰型體之晶體管		PNIN
An intrinsic-region transistor with an N-type base and a P-type emitter and collector	陰型基極，陽型射極及集極之本徵體晶體管		PNIP
A hook transistor with an N-type base., P-type emitter, and a hook collector	陰型基極，陽型射極及鈎型集極之鈎型晶體管		PNPN
A transistor consisting of two P-type regions separated by an N-type region.	陰型基極，陽型射極及集極之晶體管		PNP
Surface-barrier transistor	表面阻擋層晶體管		SBT
Tuned radio frequency	調諧射放式機		trf
Tuning indicator	調諧指示器		TI
Turns, number of	圈數	N	
Vacuum tube	真空管	VT	
Vacuum tube symbols	真空管符號		
Cathode	陰極	K	
Heater	供熱絲	H	
Plate or anode	屏極	P	
Control grid in a triode	三極管之控制柵	G	
Control grid in a multigrid tube	多柵管之控制柵	G1	
Screen grid	簾柵	G2	
Suppressor grid	抑制柵	G3	
Plate supply voltage	屏供給電壓	Ebb	
Control grid supply voltage	控制柵供給電壓	E_{cc1}	
Screen-grid supply voltage	簾柵供給電壓	E_{cc2}	
Filament or heater supply voltage	燈絲供給電壓	Ef	
Instantaneous total grid voltage	瞬總柵壓	*ec*	
Instantaneous total plate voltage	瞬總屏壓	*eb*	
Instantaneous total plate current	瞬總屏流	*ib*	
Instantaneous total grid current	瞬總柵流	*ic*	
Average value of grid voltage	柵壓平均值	Ec	
Average value of plate voltage	屏壓平均值	Eb	
Average value of grid current	柵流平均值	Ic	
Average value of plate current	屏流平均值	Ib	

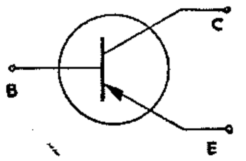
Instantaneous value of the varying component of the plate voltage	屏壓交流成份瞬值	ep	
Instantaneous value of the varying component of the grid voltage	柵壓交流成份瞬值	eg	
Instantaneouse value of the varying component of the plate current	屏流交流成份瞬值	ip	
Instantaneous value of the varying component of the grid current	柵流交流成份瞬值	ig	
Effective or maximum value of the varying component of the plate voltage	屏壓交流成份有效或最大值	Ep	
Effective or maximum value of the varying component of the grid voltage	柵壓交流成份有效或最大值	Eg	
Effective or maximum value of the varying component of the plate current	屏流交流成份有效或最大值	Ip	
Effective or maximum value of the varying component of the grid current	柵流交流成份有效或最大值	Ig	
Filament or heater terminal voltage	燈絲或供熱絲電壓	Ef	
Filament or heater current	燈絲或供熱絲電流	If	
Plate resistance	屏阻	*rp*	
Grid-plate transconductance (Mutual conductance)	互導	*gm*	
Amplification factor	放大因數	μ	
Grid-plate capacitance	柵屏間容電量	Cgp	
Grid-cathode capacitance	柵陰間容電量	Cgk	
Grid-heater capacitance	柵熱絲間容電量	Cgh	
Plate-heater capacitance	屏熱絲間容電量	Cph	
Power output	輸出功率	Po	
Power input	輸入功率	Pi	
Plate dissipation	屏消耗	P	
Vacuum tube voltmeter	真空管伏表		vtvm
Vertical	垂直		V或VER
Video-tape-recording	錄影帶		VTR
Visual-aural range	視聽範圍		VAR
Volt	伏	E	v
Kilvolt	千伏		kv
Millivolt	毫伏		mv
Microvolt	微伏		μv
Voltage	電壓	E	
Average value	平均值	Eave	
Effective value (or rms value)	有效值	E	
Instantaneous value	瞬值	e	

Maximum value	最大值	Emax	
Signal	信號電壓	es	
Volt-ampers	伏一安	VA	v-a
Kilovolt-ampers	千伏一安	KVA	kva
Voltage amplifier	電壓放大器		VA
Voltage regulation	電壓調整		VR
Voltage standing-wave ratio	電壓駐波比率		VSWR
Volt-ohm-milliammeter	萬用式電表		VOM
Volume unit	音量單位		v-u
Watt	瓦	W,P	w
Kilowatt	千瓦		kw
Kilowatt hour	千瓦小時		kwhr
Milliwatt	毫瓦		mw
Microwatt	微瓦		μw
Wave length	波長	λ	
Wire, Single cotton covered	單紗包綫		scc
Double cotton covered	雙紗包		dcc
Single silk covered	單絲包		ssc
Double silk covered	雙絲包		dsc
Enamel Single cotton covered	漆皮單紗包		escc
Enamel Single silk covered	漆皮單絲包		essc
Enamel double silk covered	漆皮雙絲包		edsc
Work	工作	W	

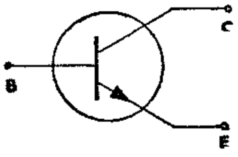
1—2 實用無線電符號


ANTENNA (AERIAL) 天線
鉄心式抗流圈 IRON-CORE CHOKE COIL
SWITCH 旋轉開關 (ROTARY OR SELECTOR)
GROUND 地 (OR CHASSIS CONNECTION) (或接底板)
R F 空心射頻变压器 TRANSFORMER (AIR CORE)
CRYSTAL DETECTOR 晶体檢波器
LOOP AERIAL (USUALLY BUILT INTO CABINET OF RECEIVER) 環狀天線
A.F 鉄心聲頻变压器 TRANSFORMER (IRON CORE)
LIGHTNING ARRESTER 避雷器
CONNECTION 連接
NO CONNECTION 不接
POWER TRANSFORMER
S1
S2
S3
P
P 115-VOLT PRIMARY
S1 CENTER-TAPPED SECONDARY FOR FILAMENTS OF SIGNAL CIRCUIT TUBES
S2 SECONDARY WINDING FOR RECTIFIER TUBE FILAMENT
S3 CENTER-TAPPED HIGH-VOLTAGE SECONDARY WINDING
電源变压器
FUSE 保險絲
PILOT LAMP 指示燈
HEADPHONES 耳機
NO CONNECTION 不接
CONNECTION 連接
FIXED CONDENSER (MICA OR PAPER) 固定容電器
LOUDSPEAKER, MAGNETIC 磁石揚聲器
TERMINAL 接綫柱
FIXED CONDENSER (ELECTROLYTIC) 電液式容電器
LOUDSPEAKER, P.M. DYNAMIC 永久磁動力揚声器
ONE CELL OR "A" BATTERY 甲電池
ROTOR PLATES
VARIABLE CONDENSER 共軸調諧容電器
LOUDSPEAKER, ELECTRODYNAMIC 電動式揚声器
MULTI-CELL OR "B" BATTERY 乙電池
GANG 共軸容電器 TUNING CONDENSER
PHONO PICK-UP 拾音器
RESISTOR 電阻
TRIMMER AND PADDER CONDENSER 修整及墊整容電器
FILAMENT 燈絲
POTENTIOMETER 電位器
I.F. 中頻变压器 TRANSFORMER (DOUBLE-TUNED)
CATHODE 陰極
TAPPED RESISTOR OR VOLTAGE DIVIDER 電壓分析器
POWER SWITCH (S.P.S.T.) 電源開関 (單刀單擲)
GRID 柵
挿座 JACK
挿頭 PLUG
RHEOSTAT 可变電阻
SWITCH (S.P.D.T.) 開関 (單刀双擲)
PLATE 屏
SWITCH (D.P.S.T.) 開関 (双刀單擲)
三極管 3-ELEMENT VACUUM TUBE
AIR-CORE CHOKE COIL 空心抗流圈
SWITCH (D.P.D.T.) 開関 (双刀双擲)
八脚座校對是 ALIGNING KEY OF OCTAL BASE
鐵粉式变壓器
Powdered-iron core TRANSFORMERS
(Arrows indicate variable core or permeability tuning)
Plate
Filament
二極管
DIODE VACUUM TUBE
Plate
複柵管
G3
G4
G1
G2
Cathode
MULTIGRID VACUUM TUBE

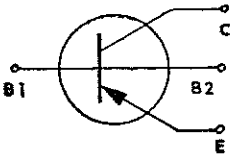
1—3　基本半導體符號及各極間阻力比較



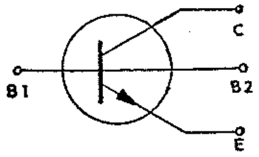
(a)
PNP晶體管



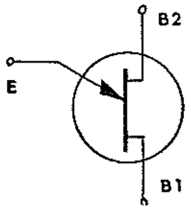
(b)
PNP晶體管



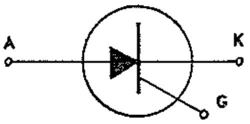
(c)
PNP四極管



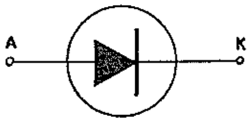
(d)
NPN四極管



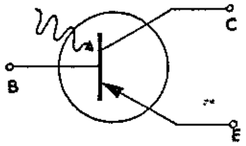
單接觸面式晶體管



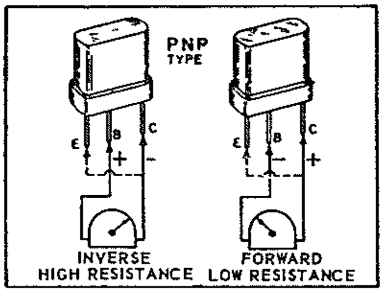
矽控制整流器



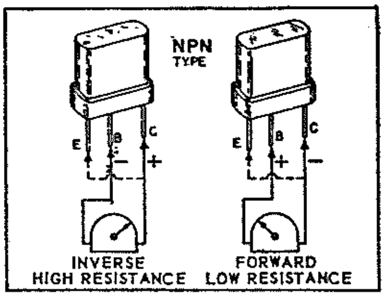
二極管



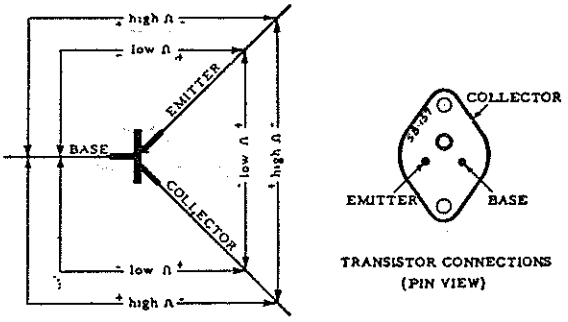
光電晶體管



(a)



(b)



(c)

用歐表測量晶體管各極間之阻力：

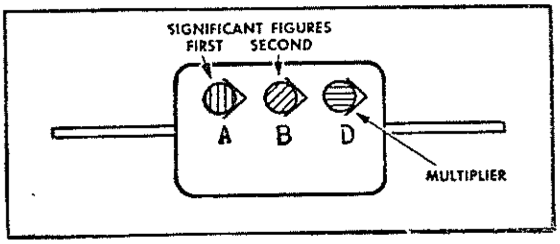
(a) PNP型低功率晶體管順向(Forward)低阻，及反向(Inverse)高阻。

(b) NPN低功率型晶體管

(c) PNP 型高功率晶體管

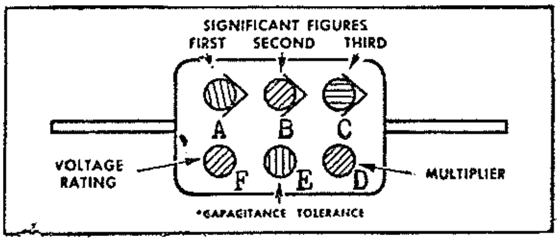
1—4 固定容電器顏色標誌

(1) 標準雲母容電器三點顏色標誌

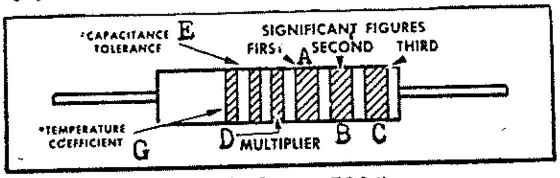


此類容電器工作電壓規定500伏

(2) 標準雲母容電器六點顏色標誌



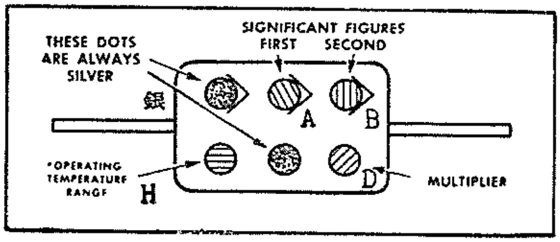
(3) 標準管形陶質容電器顏色標誌



此類容電器工作電壓規定500伏

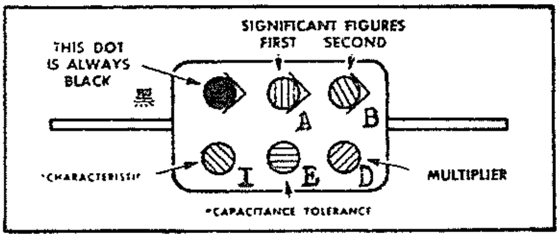
A. 代表第一位數， B. 代表第二位數。
C. 代表第三位數， D. 代表倍乘數。
E. 代表容差率， F. 代表工作電壓。
G. 代表溫度係數，可忽畧之。

(4) 軍用紙質容電器六點顏色標誌



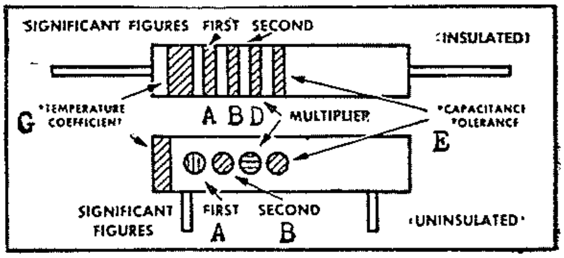
此類容電器工作電壓規定由300至800伏
H. 代表工作溫度範圍，應用時可忽畧之。

(5) 軍用雲母容電器六點顏色標誌



此類容電器工作電壓規定500伏
I. 代表特性，應用時可忽畧之。

(6) 軍用陶質容電器顏色標誌



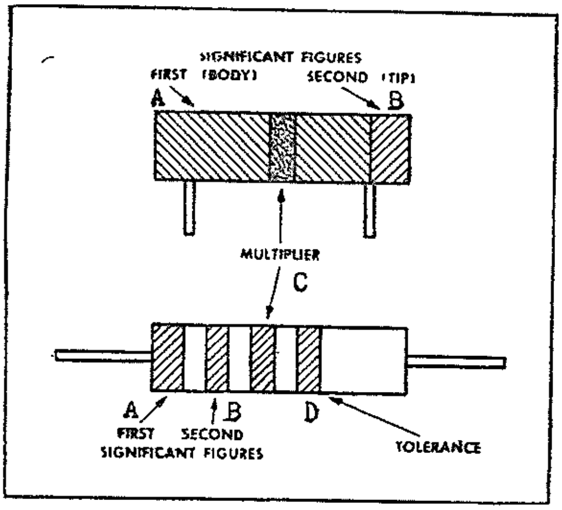
此類容電器工作電壓規定500伏

容電量微微法 (uuf or pf)

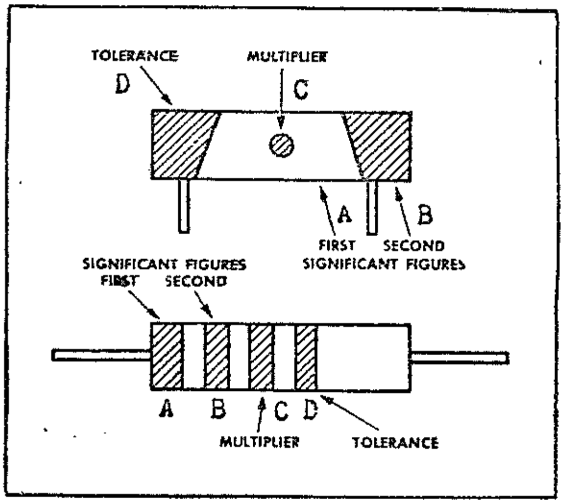
點色	數目字			倍乘數			容差率	工作電壓 (VOLTS)
				標準雲母及陶質	軍用雲母及紙質	軍用陶質		
	A	B	C	D	D	D	E	F
黑 Black	0	0	0	1	1	1	無	無
棕 Brown	1	1	1	10	10	10	士 1%	100
紅 Red	2	2	2	100	100	100	士 2%	200
橙 Orange	3	3	3	1,000	1,000	1,000	士 3%	300
黃 Yellow	4	4	4	10,000			士 4%	400
綠 Green	5	5	5	100,000			士 5%	500
藍 Blue	6	6	6	1,000,000			士 6%	600
紫 Violet	7	7	7	10,000,000			士 7%	700
灰 Gray	8	8	8	100,000,000		0.01	士 8%	800
白 White	9	9	9	1,000,000,000		0.1	士 9%	900
金 Gold	—	—	—	0.1	0.1		士 5%	1,000
銀 Silver	—	—	—	0.01	0.01		士10%	2,000
無 No Color	—	—	—				士20%	500

1—5　固定電阻顏色標誌

標準炭質電阻顏色標誌



軍用炭質電阻顏色標誌



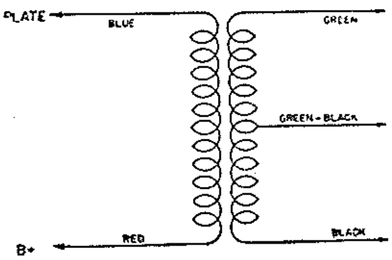
A代表第一位數，　B代表第二位數，　C代表倍乘位數，　D代表容差率。

歐　姆　數　值

A（點或帶）		B（點或帶）		C（點或帶）		D（點或帶）	
顏　色	第一位數	顏　色	第二位數	顏　色	倍乘數	顏　色	容差率
黑 Black	0	黑	0	黑	1	無色	士20%
棕 Brown	1	棕	1	棕	10	銀	士10%
紅 Red	2	紅	2	紅	100	金	士 5%
橙 Orange	3	橙	3	橙	1,000		
黃 Yellow	4	黃	4	黃	10,000		
綠 Green	5	綠	5	綠	100,000		
藍 Blue	6	藍	6	藍	1,000,000		
紫 Violet	7	紫	7	紫	10,000,000		
灰 Grey	8	灰	8	灰	100,000,000		
白 White	9	白	9	白	1,000,000,000		
				金	0.1		
				銀	0.01		

1—6　中頻變壓器引線顏色標誌

接屏　藍



綠　　柵或二極管屏

綠黑夾花　　接全波二極管

接B＋　紅

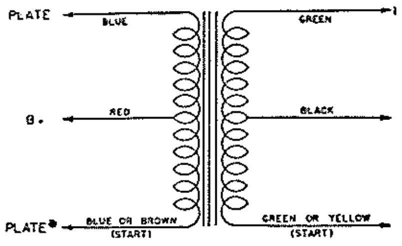
黑　　接柵或二極管回路,AGC,或地,

1—7 聲頻輸出變壓器引線顏色標誌

接屏 藍 —— 綠 接柵或音圈高端

接B＋ 紅 —— 黑 接地或音圈低端

接屏（專用於推挽式初級） 藍或棕（起端） —— 綠或黃（起端） 接柵（專用於推挽式次級）



1—8 電源變壓器及電池線纜顏色標誌

初級（非分接式） 初級（分接式） 電源變壓器

黑

黑黃夾花

黑，或黑紅夾花

紅

紅黃夾花 高壓

紅

黃

黃藍夾花 整流管燈絲

黃

綠

綠黃夾花 放大器燈絲No.1

綠

棕

棕黃夾花 放大器燈絲No.2

棕

褐

褐黃夾花 放大燈器絲No.3

褐

紅

黑

藍

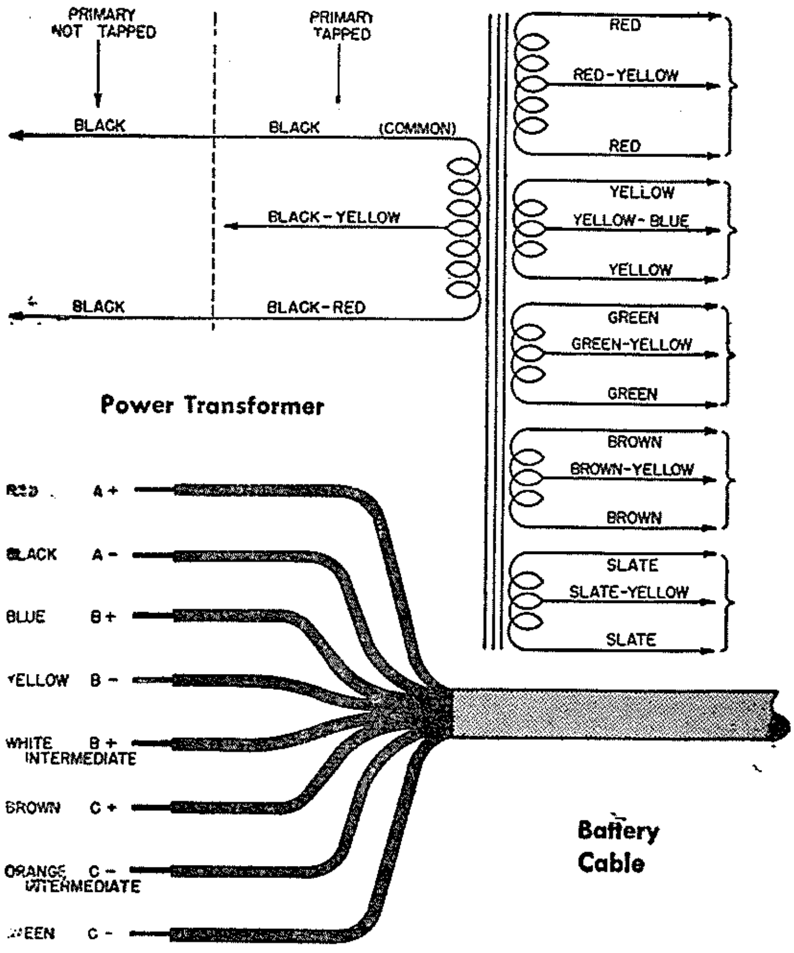
黃

白間

棕

橙間

綠



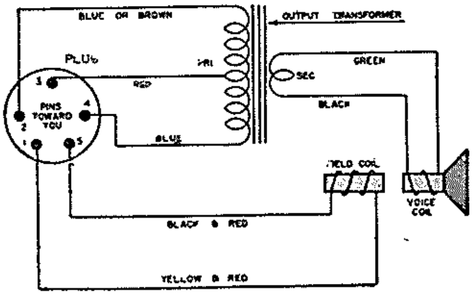
電池線纜

1—9　揚聲器引線及插子接線顏色標誌

推挽式輸出變壓器

插子　　初級　　次級

(底視圖)

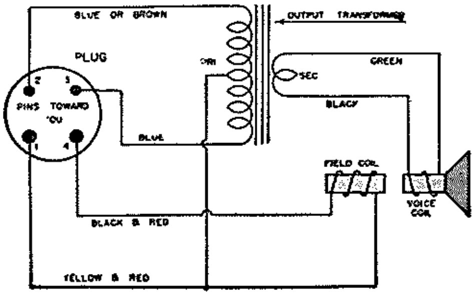


磁場線圈　音圈

推挽式輸出變壓器

插子　　初級　　次級

(底視圖)

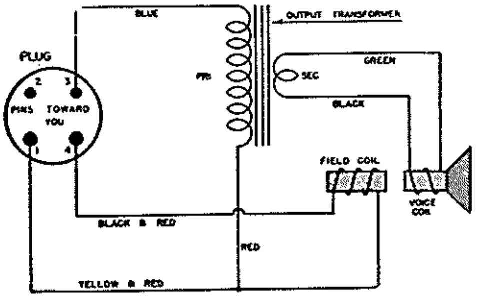


磁場線圈　音圈

單管式輸出變壓器

插子　　初級　　次級

(底視圖)

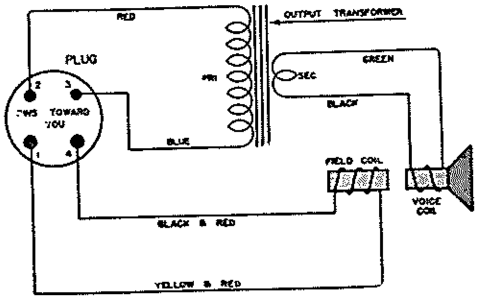


磁場線圈　音圈

單管式輸出變壓器

插子　　初級　　次級

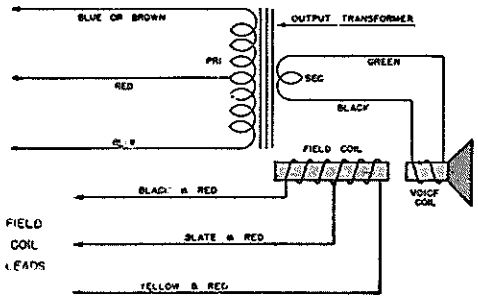
(底視圖)



磁場線圈　音圈

推挽式輸出變壓器

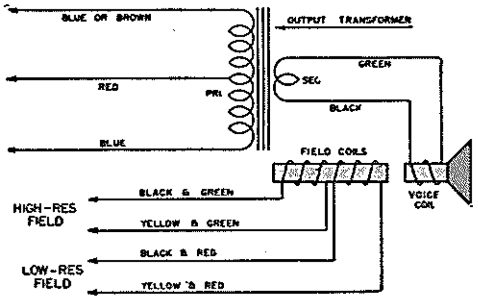
初級　　次級



中間分接式磁場線圈　音圈

推挽式輸出變壓器

初級　　次級



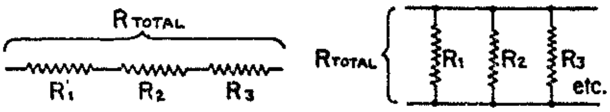
(分低阻力組及高阻力組)　磁場線圈　音圈

1—10 實用無線電公式

Direct Current Relations 直流關係

VOLTS =	IR	$\frac{W}{I}$	$\sqrt{RW}$
AMPERES =	$\frac{E}{R}$	$\frac{W}{E}$	$\sqrt{\frac{W}{R}}$
OHMS =	$\frac{E}{I}$	$\frac{W}{I^2}$	$\frac{E^2}{W}$
WATTS =	EI	I^2R	$\frac{E^2}{R}$

Resistance Relations 電阻關係

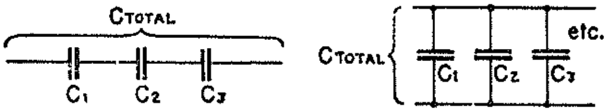


$R_{TOTAL} = R_1 + R_2 + R_3$ etc. $\frac{1}{R_{TOTAL}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ etc.

Two Resistances Only

$R_{TOTAL} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$ $\text{Unknown} = \frac{R_T \times R_1}{R_1 - R_T}$

Capacity Relations 容電量關係

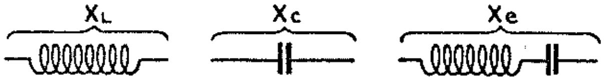


$\frac{1}{C_{TOTAL}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$ etc. $C_{TOTAL} = C_1 + C_2 + C_3$ etc.

Two Capacities Only

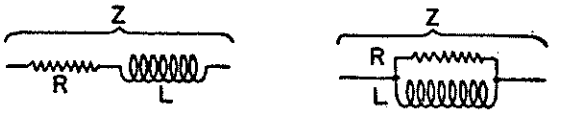
$C_{TOTAL} = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$ $\text{Unknown} = \frac{C_1 \times C_T}{C_1 - C_T}$

Simple Reactance 簡單電抗

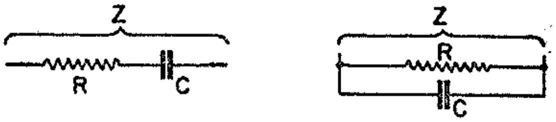


$X_L = 2\pi FL$ $X_C = \frac{1}{2\pi FC}$ $X_e = 2\pi FL - \frac{1}{2\pi FC}$

Complex Impedance 阻抗



$Z = \sqrt{R^2 + 4\pi^2 L^2 F^2}$ $Z = \frac{2\pi LR}{\sqrt{R^2 + 4\pi^2 L^2 F^2}}$

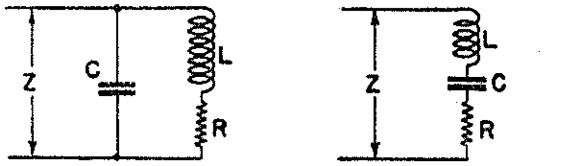


$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{4\pi^2 C^2 F^2}}$ $Z = \frac{R}{\sqrt{4\pi^2 R^2 C^2 F^2 + 1}}$

Resonance Formulae 諧振

$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ $L = \frac{1}{4\pi^2 F^2 C}$ $C = \frac{1}{4\pi^2 F^2 L}$

Where F is in cycles, L is in henries, and C in Farads



$Z = \frac{2\pi FL}{4\pi^2 F^2 LC - 1}$

At Resonance: 並聯諧振

$Z = Q\,2\pi FL$

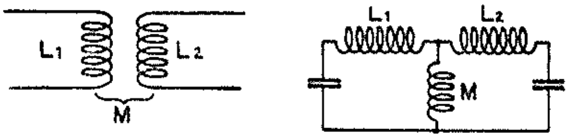
Where $Q = \frac{2\pi FL}{R}$

$Z = \sqrt{\left(2\pi FL - \frac{1}{2\pi FC}\right)^2 + R^2}$

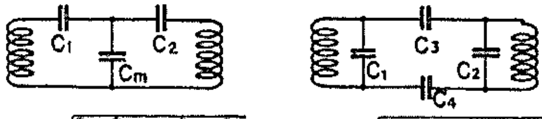
At Resonance: 串聯諧振

$Z = R$

耦合係数 Coupling Coefficient



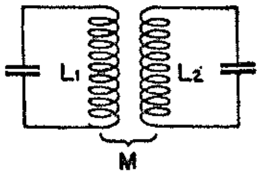
$K = \frac{M}{\sqrt{L_1 \times L_2}}$ $K = \frac{M}{\sqrt{(L_1+M)(L_2+M)}}$

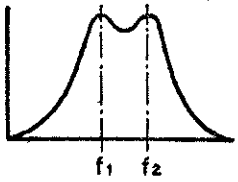


$K = \frac{\sqrt{\frac{C_1 \times C_m}{C_1 + C_m} \times \frac{C_2 \times C_m}{C_2 + C_m}}}{C_m}$ $K = \frac{\sqrt{\frac{C_1 \times C_m}{C_1 + C_m} \times \frac{C_2 \times C_m}{C_2 + C_m}}}{C_m}$

Where $C_m = \frac{C_3 \times C_4}{C_3 + C_4}$

雙駝峯諧振頻率



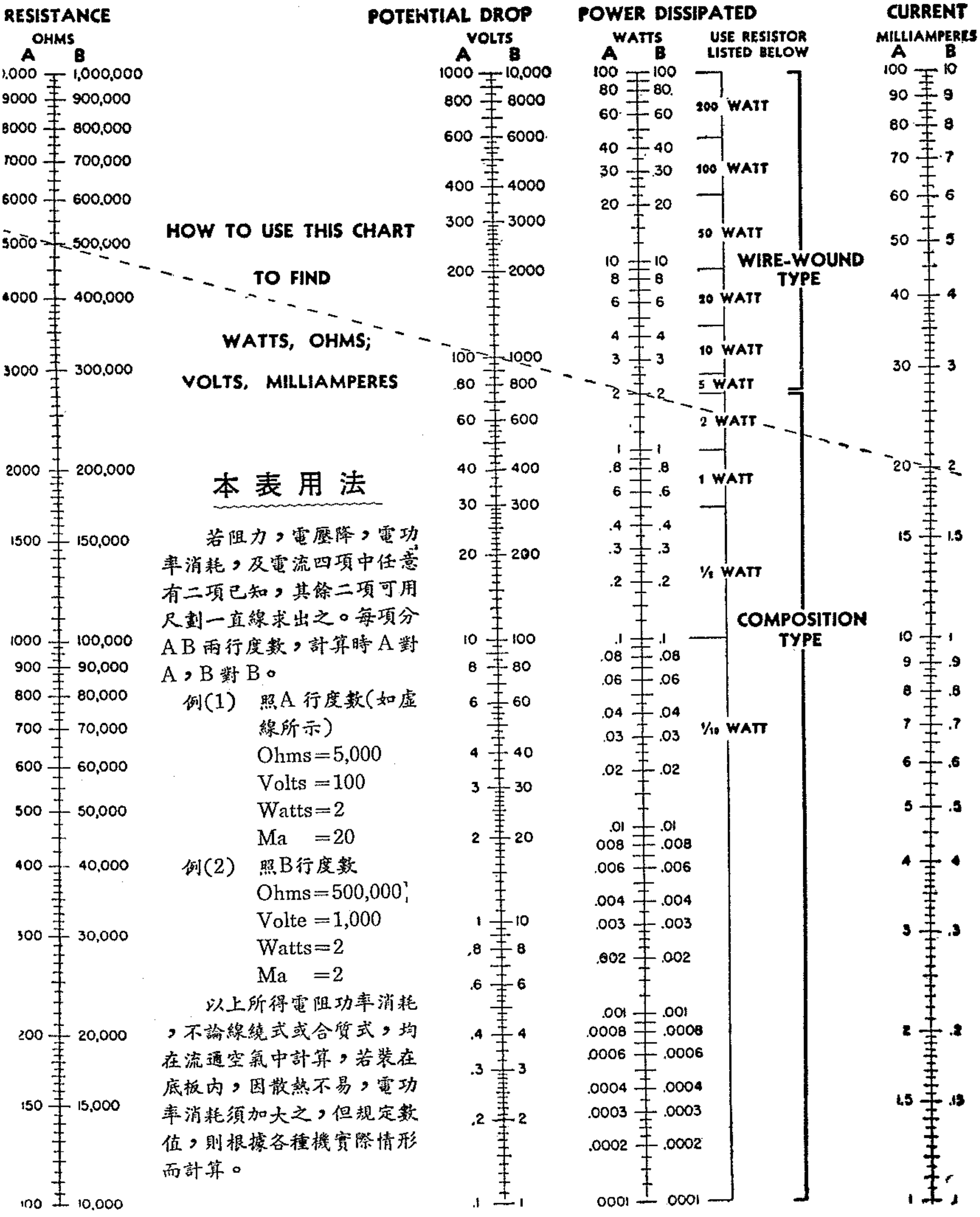


$f_1 = \frac{F}{\sqrt{1+K}}$

$f_2 = \frac{F}{\sqrt{1-K}}$

Where F is the resonant frequency of each circuit independent of the other and K is the coupling-coefficient

1—11　阻力，電壓降，電功率消耗及電流計算圖表



本表用法

若阻力，電壓降，電功率消耗，及電流四項中任意有二項已知，其餘二項可用尺劃一直線求出之。每項分AB兩行度數，計算時A對A，B對B。

例(1)　照A行度數(如虛線所示)

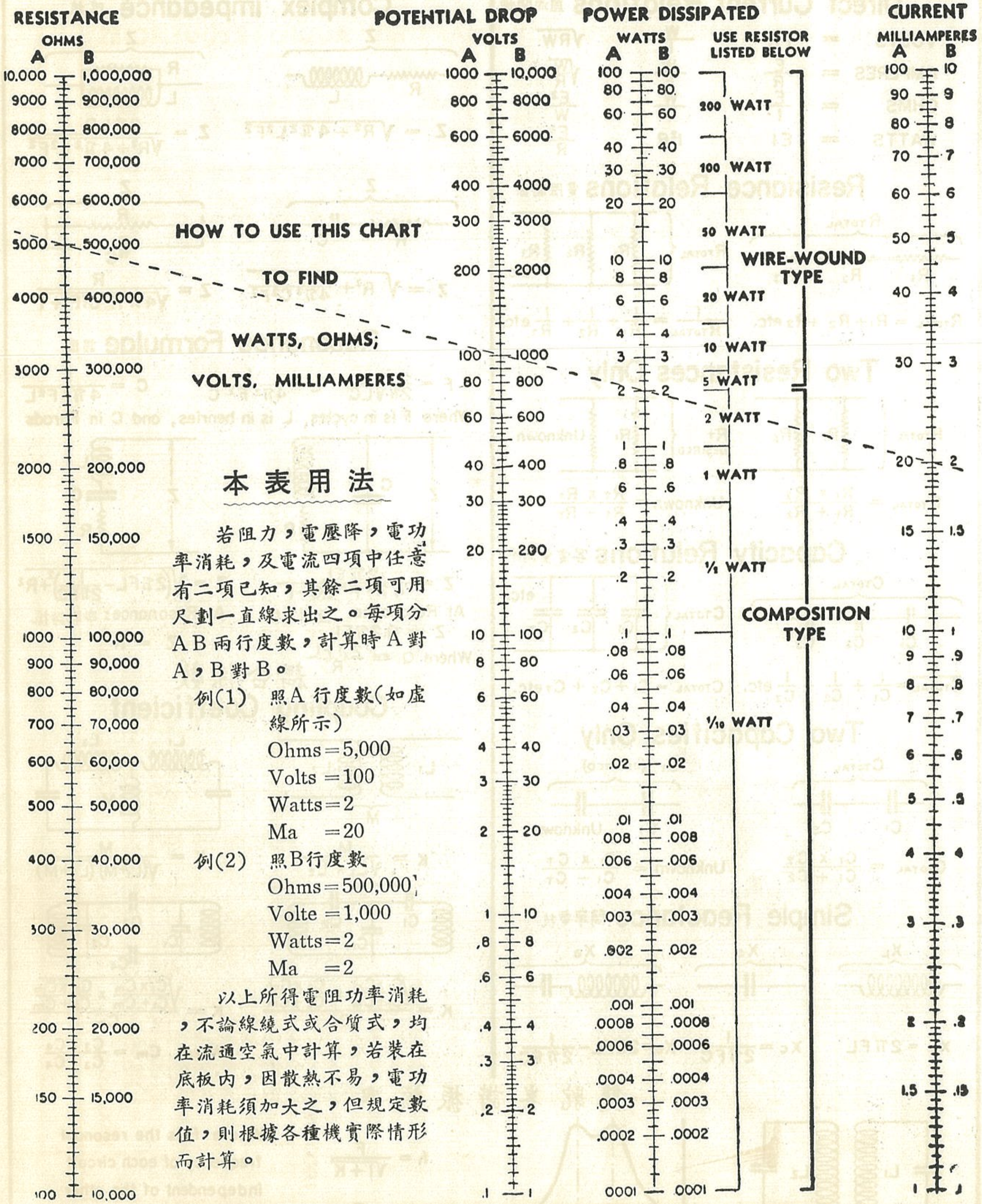
Ohms＝5,000
Volts ＝100
Watts＝2
Ma　＝20

例(2)　照B行度數

Ohms＝500,000
Volte ＝1,000
Watts＝2
Ma　＝2

以上所得電阻功率消耗，不論線繞式或合質式，均在流通空氣中計算，若裝在底板內，因散熱不易，電功率消耗須加大之，但規定數值，則根據各種機實際情形而計算。

1—11　阻力，電壓降，電功率消耗及電流計算圖表



本表用法

若阻力，電壓降，電功率消耗，及電流四項中任意有二項已知，其餘二項可用尺劃一直線求出之。每項分AB兩行度數，計算時A對A，B對B。

例(1)　照A行度數(如虛線所示)

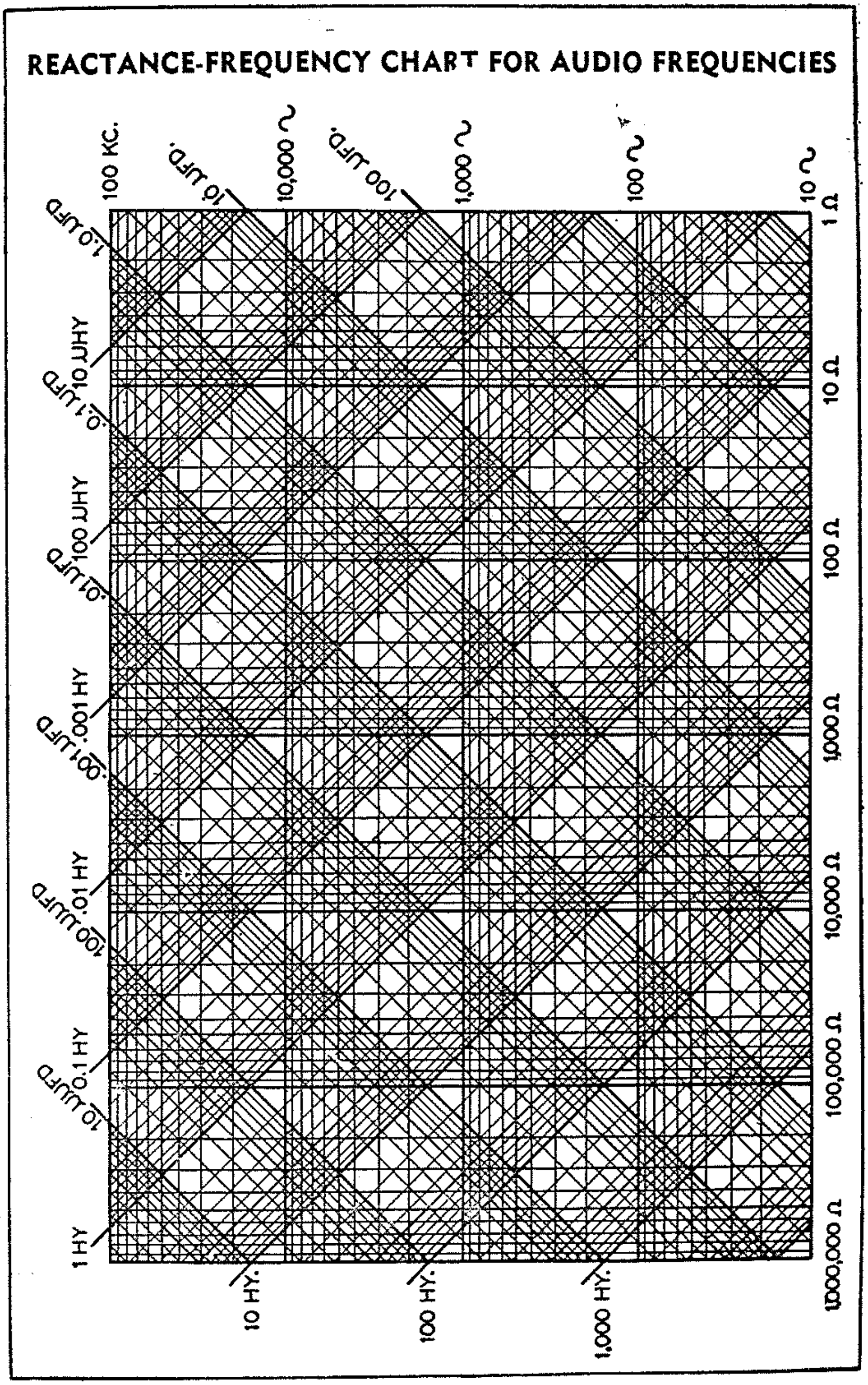
Ohms＝5,000
Volts＝100
Watts＝2
Ma＝20

例(2)　照B行度數

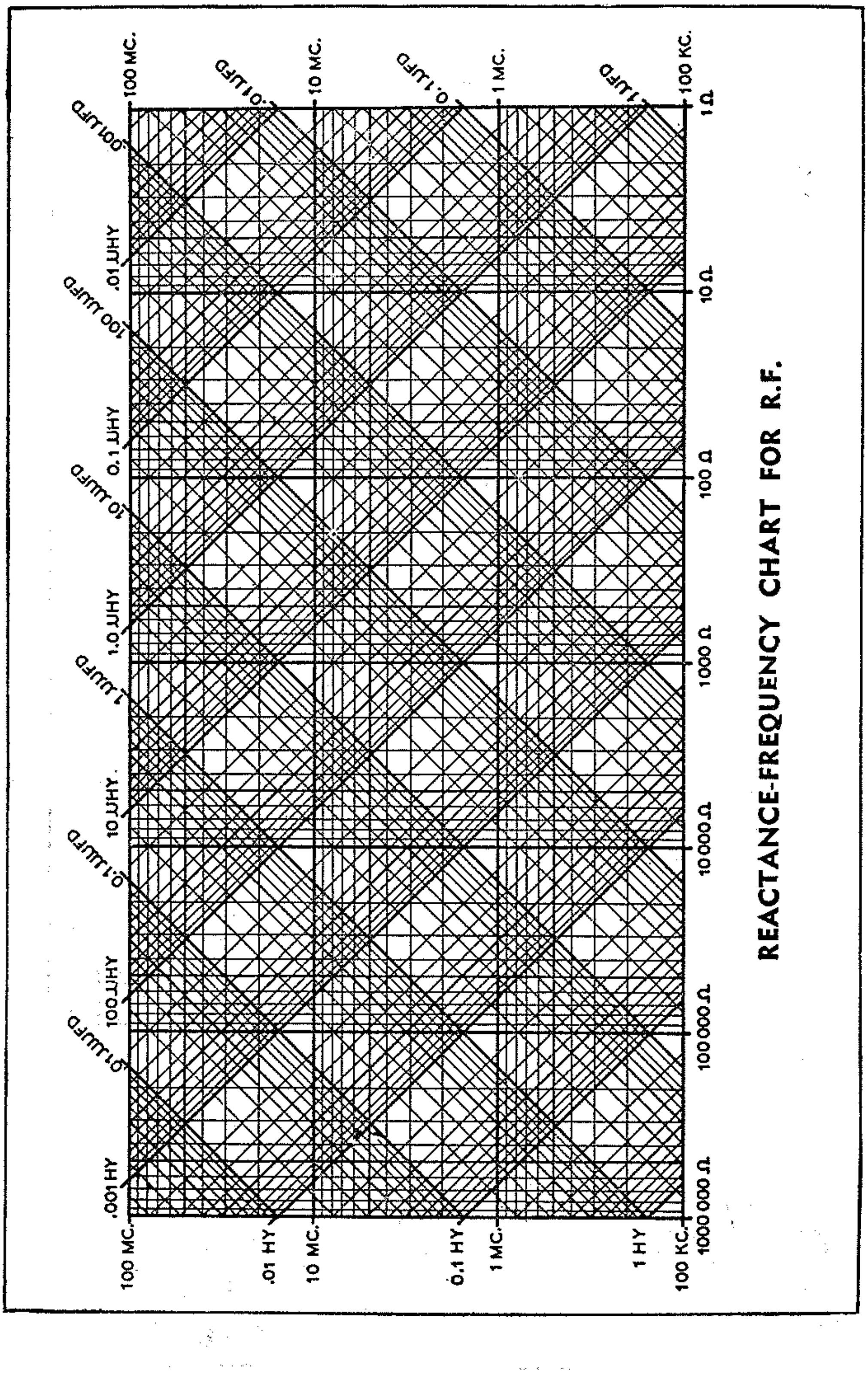
Ohms＝500,000
Volte＝1,000
Watts＝2
Ma＝2

以上所得電阻功率消耗，不論線繞式或合質式，均在流通空氣中計算，若裝在底板內，因散熱不易，電功率消耗須加大之，但規定數值，則根據各種機實際情形而計算。

1—12 聲頻之電抗一頻率表



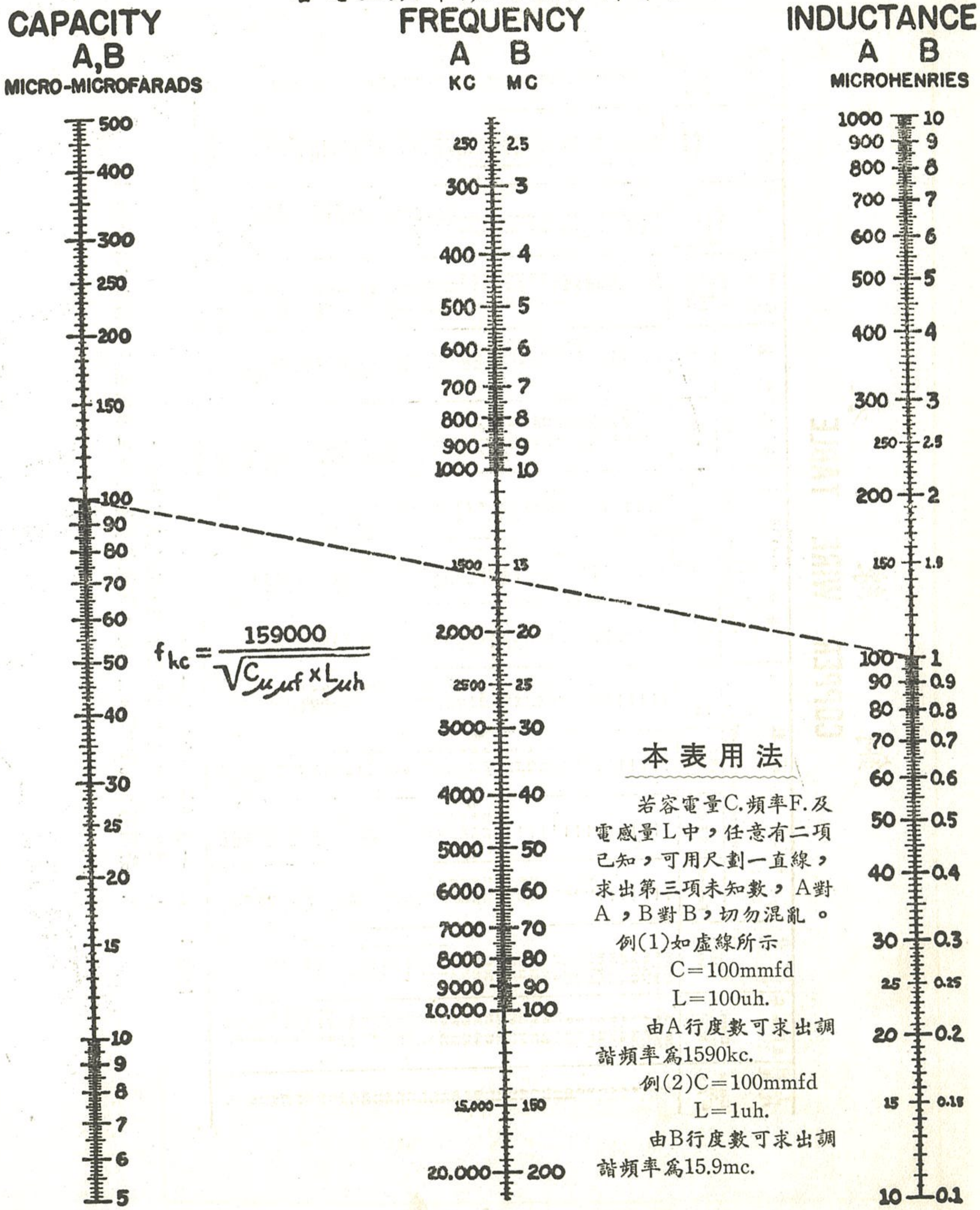
1—13　射頻之電抗一頻率表



1—12及1—13兩表用法相同，直綫表示電抗，橫綫表示頻率，傾向左方之斜綫表示容量，向右方之斜綫表示感量，例(1)：已知容量爲0.1微法，感量爲0.1亨利，由兩斜綫之交點可尋出電抗等于1000歐，該頻率約等于1500週。例(2)：已知頻率大約等于1.6兆週，電感量100微亨，由交點尋出容量等于100微微法，電抗等于1000歐。

1—14

容電量頻率及電感量計算表



本表用法

若容電量C.頻率F.及電感量L中，任意有二項已知，可用尺劃一直線，求出第三項未知數，A對A，B對B，切勿混亂。

例(1)如虛線所示

C=100mmfd

L=100uh.

由A行度數可求出調諧頻率爲1590kc.

例(2)C=100mmfd

L=1uh.

由B行度數可求出調諧頻率爲15.9mc.

1—15　銅　綫　表

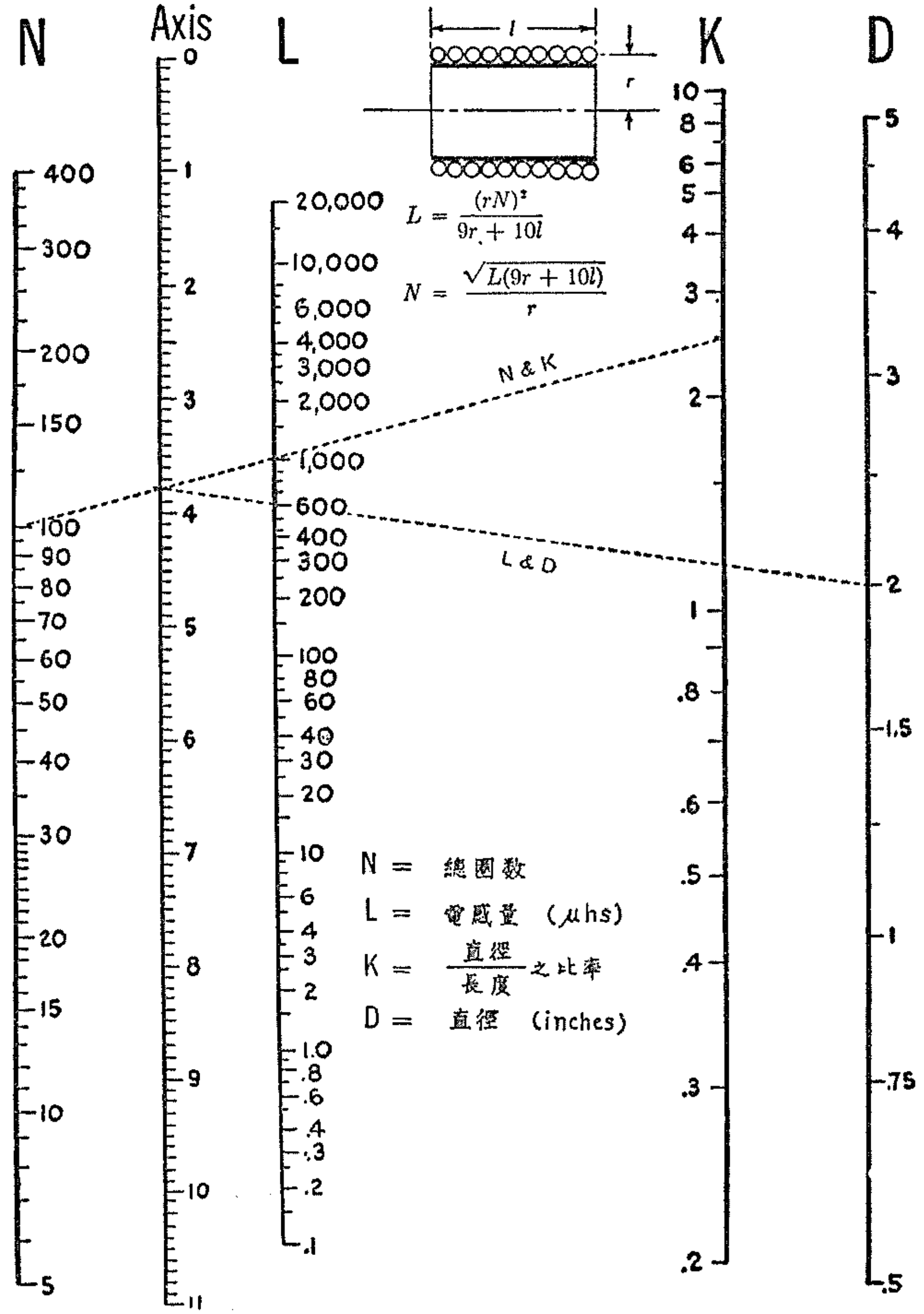
銅　線　表
COPPER WIRE TABLE

美國綫規 Gauge No. B. & S.	直徑密耳 Diam. in Mils[1]	圓密耳面積 Circular Mil Area	每吋長圈數 Turns per Linear Inch[2] Enamel	S.S.C.	D.S.C. or S.C.C.	D.C.C.	每平方吋圈數 Turns per Square Inch[2] S.C.C.	Enamel	D.C.C.	每磅呎數 Feet per Lb Bare	D.C.C.	每千呎歐姆 Ohms per 1000 ft. 25° C.	電流容量 Correct Capacity at 1500 C.M. per Amp.[3]	直徑公厘 Diam. in mm.	相近英國線規 Nearest British S.W.G. No.
1	289.3	82690	—	—	—	—	—	—	—	3.947	—	.1264	55.7	7.348	1
2	257.6	66370	—	—	—	—	—	—	—	4.977	—	.1593	44.1	6.544	3
3	229.4	52640	—	—	—	—	—	—	—	6.276	—	.2009	35.0	5.827	4
4	204.3	41740	—	—	—	—	—	—	—	7.914	—	.2533	27.7	5.189	5
5	181.9	33100	—	—	—	—	—	—	—	9.980	—	.3195	22.0	4.621	7
6	162.0	26250	—	—	—	—	—	—	—	12.58	—	.4028	17.5	4.115	8
7	144.3	20820	—	—	—	—	—	—	—	15.87	—	.5080	13.8	3.665	9
8	128.5	16510	7.6	—	7.4	7.1	—	—	—	20.01	19.6	.6405	11.0	3.264	10
9	114.4	13090	8.6	—	8.2	7.8	—	—	—	25.23	24.6	.8077	8.7	2.906	11
10	101.9	10380	9.6	—	9.3	8.9	87.5	84.8	80.0	31.82	30.9	1.018	6.9	2.588	12
11	90.74	8234	10.7	—	10.3	9.8	110	105	97.5	40.12	38.8	1.284	5.5	2.305	13
12	80.81	6530	12.0	—	11.5	10.9	136	131	121	50.59	48.9	1.619	4.4	2.053	14
13	71.96	5178	13.5	—	12.8	12.0	170	162	150	63.80	61.5	2.042	3.5	1.828	15
14	64.08	4107	15.0	—	14.2	13.8	211	198	183	80.44	77.3	2.575	2.7	1.628	16
15	57.07	3257	16.8	—	15.8	14.7	262	250	223	101.4	97.3	3.247	2.2	1.450	17
16	50.82	2583	18.9	18.9	17.9	16.4	321	306	271	127.9	119	4.094	1.7	1.291	18
17	45.26	2048	21.2	21.2	19.9	18.1	397	372	329	161.3	150	5.163	1.3	1.150	18
18	40.30	1624	23.6	23.6	22.0	19.8	493	454	399	203.4	188	6.510	1.1	1.024	19
19	35.89	1288	26.4	26.4	24.4	21.8	592	553	479	256.5	237	8.210	.86	.9116	20
20	31.96	1022	29.4	29.4	27.0	23.8	775	725	625	323.4	298	10.35	.68	.8118	21
21	28.46	810.1	33.1	32.7	29.8	26.0	940	895	754	407.8	370	13.05	.54	.7230	22
22	25.35	642.4	37.0	36.5	34.1	30.0	1150	1070	910	514.2	461	16.46	.43	.6438	23
23	22.57	509.5	41.3	40.6	37.6	31.6	1400	1300	1080	648.4	584	20.76	.34	.5733	23
24	20.10	404.0	46.3	45.3	41.5	35.6	1700	1570	1260	817.7	745	26.17	.27	.5106	24
25	17.90	320.4	51.7	50.4	45.6	38.6	2060	1910	1510	1031	903	33.00	.21	.4547	25
26	15.94	254.1	58.0	55.6	50.2	41.8	2500	2300	1750	1300	1118	41.62	.17	.4049	26
27	14.20	201.5	64.9	61.5	55.0	45.0	3030	2780	2020	1639	1422	52.48	.13	.3606	27
28	12.64	159.8	72.7	68.6	60.2	48.5	3670	3350	2310	2067	1759	66.17	.11	.3211	29
29	11.26	126.7	81.6	74.8	65.4	51.8	4300	3900	2700	2607	2207	83.44	.084	.2859	30
30	10.03	100.5	90.5	83.3	71.5	55.5	5040	4660	3020	3287	2534	105.2	.067	.2546	31
31	8.928	79.70	101.	92.0	77.5	59.2	5920	5280	—	4145	2768	132.7	.053	.2268	33
32	7.950	63.21	113.	101.	83.6	62.6	7060	6250	—	5227	3137	167.3	.042	.2019	34
33	7.080	50.13	127.	110.	90.3	66.3	8120	7360	—	6591	4697	211.0	.033	.1798	36
34	6.305	39.75	143	120.	97.0	70.0	9600	8310	—	8310	6168	266.0	.026	.1601	37
35	5.615	31.52	158.	132.	104.	73.5	10900	8700	—	10480	6737	335.0	.021	.1426	38
36	5.000	25.00	175.	143.	111.	77.0	12200	10700	—	13210	7877	423.0	.017	.1270	38-39
37	4.453	19.83	198.	154.	118.	80.3	—	—	—	16660	9309	533.4	.013	.1131	39-40
38	3.965	15.72	224.	166.	126	83.6	—	—	—	21010	10666	672.6	.010	.1007	41
39	3.531	12.47	248	181.	133.	86.6	—	—	—	26500	11907	848.1	.008	.0897	42
40	3.145	9.88	282.	194.	140.	89.7	—	—	—	33410	14222	1069	.006	.0799	43
															44

附註：
1. 一密耳等於千份之一吋。
2. 因各廠銅線絶緣皮厚度不同，此爲大約數字。
3. 若用每安培1000圓密耳時，電流容量等於第三項圓密耳面積除以1000。

1—16

單層繞製綫圈計算表
Single-Layer Wound Coil Chart



用本表計算接收機小型射頻單層繞製線圈，與用公式計算所得結果非常接近，實用上極為簡便，表內直徑可作線圈內徑或平均直徑，因兩者相差甚微，故可通用。

本表用法

例(1)：已知直徑D等于2吋，圈長L等于0.8吋，總圈數N等于100,求出電感量＝？

（a）先求出K＝2.5，用直尺在NK兩項間劃一直線交于參考軸Axis上。

（b）由參考軸上交點與直徑D間劃一直線交于電感量L項上。

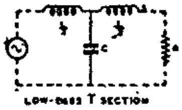
（c）在L項上之交點查出電感量等于600微亨。

例(2)：已知直徑D2吋，圈長L0.8吋，電感量L600微亨，求出總圈數N＝？

（a）照例(1)次序倒轉求出總圈N等于100,

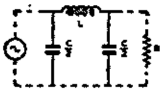
（b）由銅線表查出用美規漆皮線33號每吋可繞127轉，在圈長0.8吋，約可繞100轉

1—17　各式濾波器設計圖表



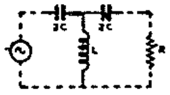
LOW-PASS T SECTION

(a)



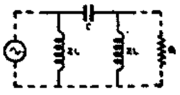
LOW-PASS π SECTION

(b)



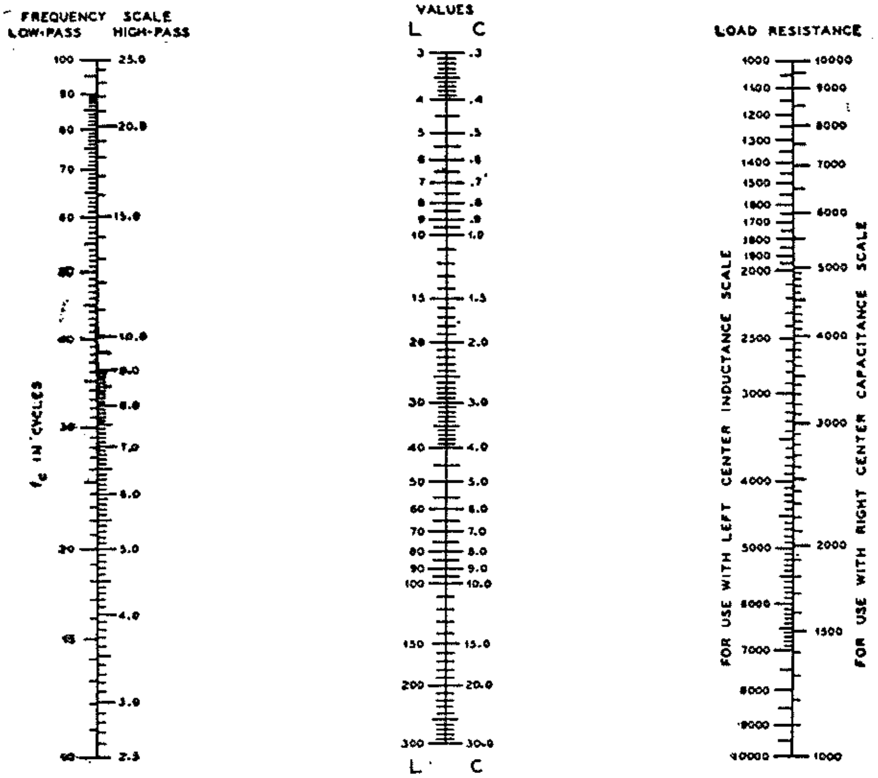
HIGH-PASS T SECTION

(c)



HIGH-PASS π SECTION

(d)



FILTER DESIGN CHART

(a)低界T式；(b)低界π式；(c)高界π式；(d)高界π式。

本表用法：

第一項左行代表低界截止頻率fc，單位每秒週；右行代表高界截止頻率fc，單位每秒週。

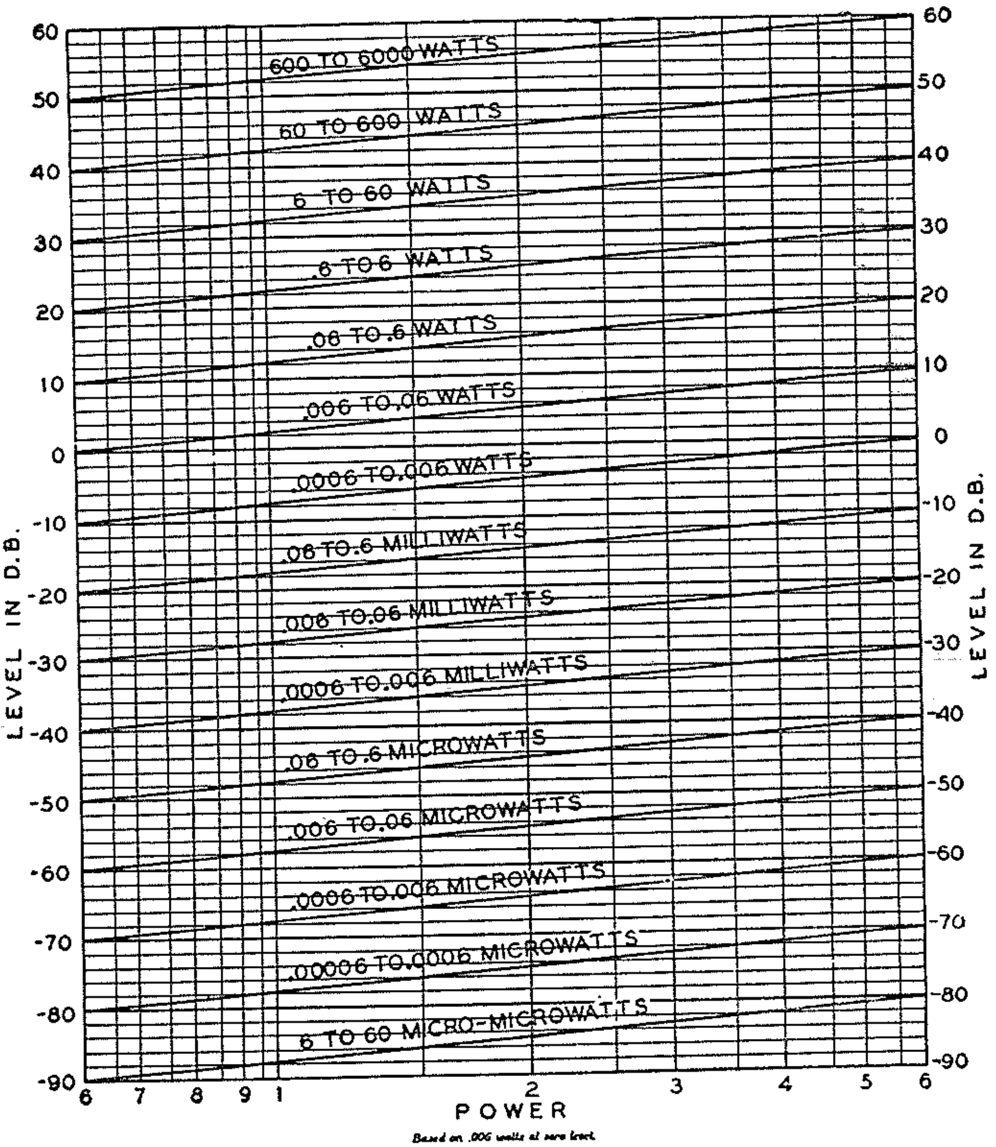
第二項左行代表電感量L，單位亨利；右行代表容電量C，單位微法(UF)。

第三項係代表加載阻力，單位歐，左行用計算L，右行用作計算C。

用一直尺跨過已知加載阻及已知截止頻率上劃一直線，由L或C上之交點並可求出所需L或C之值。

若截止頻率改用千週，C應改爲微微法乘1000，L應改爲毫亨(Mh)，若截止頻率改用兆週，C應改用微微法(UUF)，L應改用微亨(Uh)。

1—18　功率與分貝變換表



本表用法：（應用公式：$DB=10\text{Log}\frac{Po}{0.006}$；$Po=0.006\times\text{antilog}\frac{DB}{10}$）

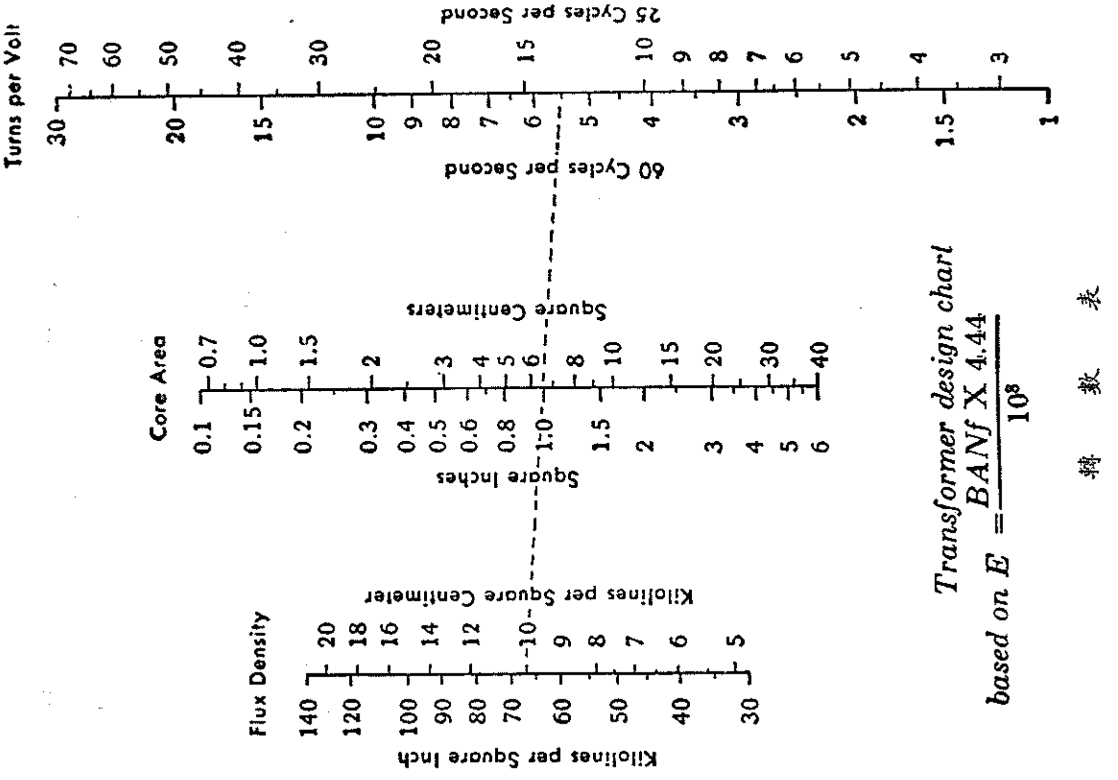
橫軸代表輸出功率Po，單位最小由 6 微瓦至60微瓦最大由600瓦至6000瓦，係以每一斜線所示之功率範圍爲標準，縱軸代表輸出電平，係以分貝 D B 爲單位，以0.006瓦爲零電平，在零電平以上稱爲＋DB，以下稱爲—DB。

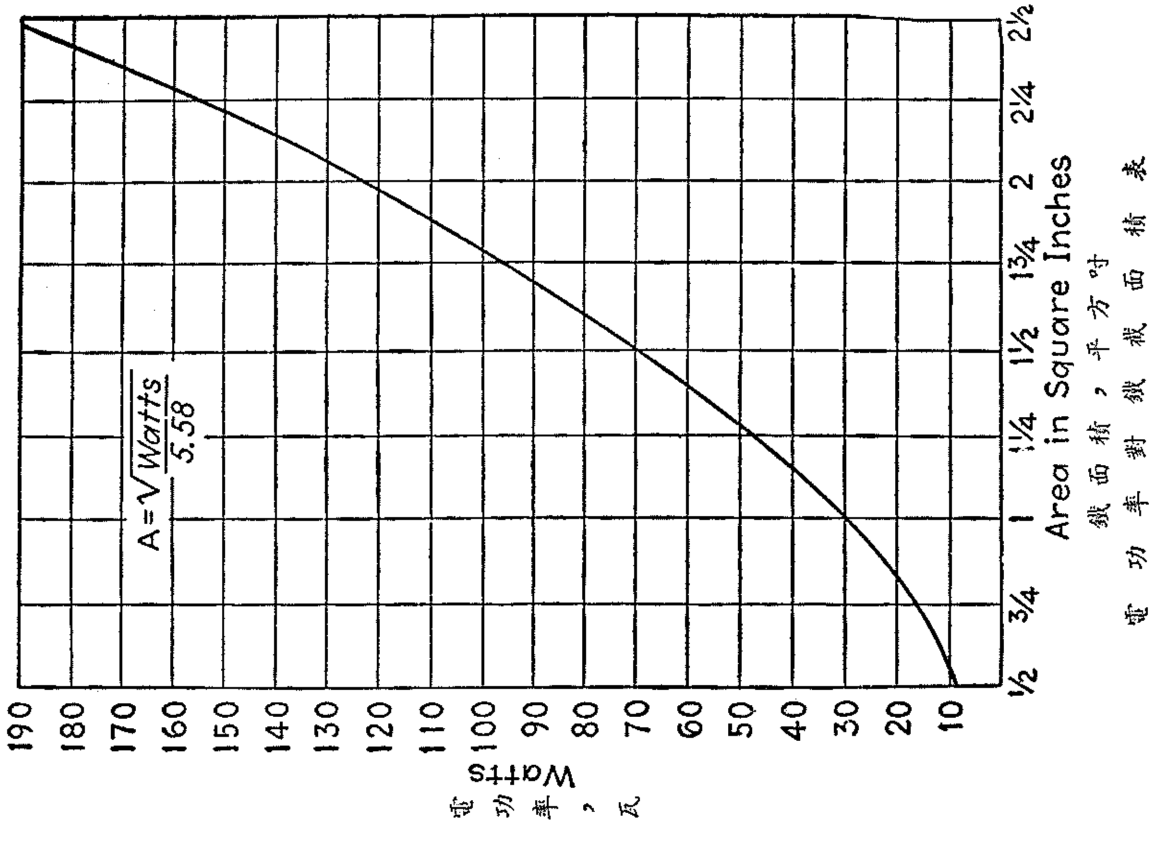
例(1)：用一6F6管作甲類功率放大器，可產生3瓦不失真輸出功率，求出分貝之數目。
由表中3瓦直線與0.06至6瓦斜線之交點可查出27DB。

例(2)：一前置放大器之輸出功率等于1.5毫瓦，求出分貝數目。
由表中0.0015瓦直線與0.0006至0.006瓦斜線之交點可查出—6.02DB。

例(3)：已知一放大器之輸出電平爲 27DB，可由27DB橫線與0.6至6斜線之交點可查出輸出功率等于3瓦。

1—19　電源變壓器簡易設計圖表





本 表 用 法

用本圖表計算電源變壓器之鐵心截面積及每伏圈數，所得結果與用公式計算者非常接近。先從電功率及鐵心面積表中求出鐵心截面積之數值；若鐵心力線密度已知，可從每伏圈數表中，用一直尺對正力線密度及鐵心面積兩項已知度數，劃一直線通過兩點而引長交切於每伏圈數項上；由該項上之交點，並可求出電源變壓器初級或各次級捲之每伏圈數。

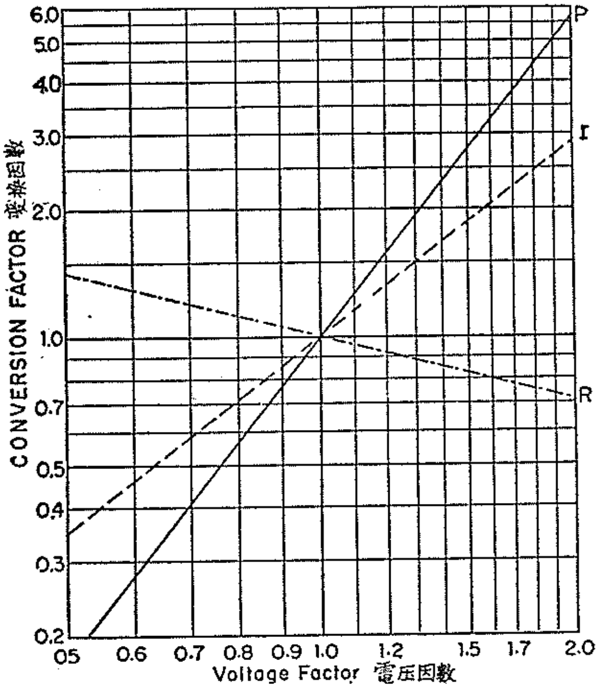
爲求簡易起見，在每伏圈數表內，力線密度一項分爲每平方吋千線，及每平方公分千線兩行度數。鐵心面積亦分爲平方吋及平方公分兩行度數。每伏圈數一項中，左行爲60週之每伏圈數，右行爲25週之每伏圈數。若電源爲50週時，可將25週一行之度數除以2，並可求出每伏圈數。

例：設有一電源變壓器，其初級捲接于200伏，50週交流電源上，電功率爲70瓦。次級捲共有三組：第一組爲5伏，第二組爲6.3伏。第三組爲中間分接式700伏，鐵心力線爲每平方吋50千線（a）求出所需鐵心截面積；（b）求出各線捲之每伏圈數。

解：（a）由電功率及鐵心面積表中，求出電功率70瓦，所需鐵心截面積等于1.5平方吋。

（b）在每伏圈數表中，用一直尺，由力線密度左行50千線度數及鐵心截面積左行1.5平方吋度數兩點劃一直線，通過每伏圈數之度數上，將右行25週之交點中所得度數12.5除以2，求出每伏圈數約等于6.5轉。

1—20 功率放大管工作特性變換因數圖表



本 表 用 法

根據R.C.A.電子管特性表所記錄，已知6V6GTA電子注射功率管用作甲類放大器時之工作特性如下：

屏壓 E_b	250	伏
簾壓 E_{c2}	250	伏
柵壓 E_{c1}	—12.5	伏
屏流 Ip	45	毫安
簾流 I_{c2}	4.5	毫安
屏阻 rp	50000	歐姆(大約)
加載阻力	5000	歐姆
功率輸出	4.5	瓦

此管現擬工作在175伏屏壓上，其工作特性可改變如下：

（一）先求出新屏壓對表列屏壓之比等于175/250或0.7,此比率乃電壓變換因數，乘以表列簾壓及柵壓，可得：
新簾壓 $E_{c2}=250\times0.7=175$
新柵壓 $E_{c1}=-12.5\times0.7=-8.75$

（2）屏及簾流變換因數，可由長劃虛線I與電壓因數0.7直線交點中，求出爲0.59，乘以電流，可得： 新屏流 $I_p=45\times0.59=26.5$毫安 新簾流 $I_{c2}=4.5\times0.59=2.65$毫安

（3）屏阻及加載阻力變換因數，可由點劃虛線R與電壓因數0.7直線交點中求出約1.2,乘以電阻可得： 新屏阻＝50000×1.2＝60000歐姆 新加載阻力＝5000×1.2＝6000歐姆

（4）輸出功率變換因數，可由實線P與0.7電壓因數直線交點中求出約0.41，乘以輸出功率可得： 新輸出功率4.5×0.41＝1.85瓦（大約）

1—21　美國及日本式晶體管替換表

(A)　新力（SONY）牌

SONY NO.	CES NO.*	TYPE AND SERVICE	AMERICAN	
			NUMBER	MFGR.
2T11, 2T12 2T15-2T17		P—a.f. amp.	2N322	MOT, G-E
2T13		P—a.f. amp.	2N323	MOT, G-E
2T14		P—a.f. amp.	2N324	G-E
2T21		P—a.f., l.s.	2N319	MOT, G-E
2T22, 2T25		P—a.f., l.s.	2N320	MOT, G-E
2T23, 2T24		P—a.f., l.s.	2N321	MOT, G-E
2T26		P—a.f., l.s.	2N319	MOT, G-E
2T51		N—bc. con.	2N169A	G-E, SYL
2T52		N—i.f. amp.	2N169A	G-E, SYL
2T53		N—i.f. amp.	2N168A	SYL
2T61-2T63		N—a.f. amp.d.	2N647	RCA
2T64, 2T64R, 2T65, 2T65R, 2T66, 2T66R, 2T67				
2T69		N—a.f. amp., l.s.	2N647	RCA
2T73, 2T73R		N—bc. r.f. amp., con., mix., osc.	2N168A	SYL
2T74		N—bc. con.	2N168A	SYL
2T71, 2T72, 2T75, 2T75R, 2T76, 2T76R, 2T77, 2T77R		N—i.f. amp.	2N169	G-E
2T78R		N—ci., r.f., g.	2N167	G-E
2T82-2T86		N—a.f. amp., l.s.	2N576	SYL
2T201	2SA121, 2SA123	P—r.f. amp., con., mix., osc.	2N384	RCA, SYL
2T203	2SA124	P—FM amp., con. mix., osc.	2N384	RCA, SYL
2T204, 2T205		P—ci., r.f., g.	2N384	RCA, SYL
2T204A, 2T205A		P—ci., r.f. amp. mix., osc.	2N384	RCA, SYL
2T311, 2T312	2SB48	P—a.f., l.s., d.	2N322	MOT, G-E
2T313, 2T314	2SB49	P—a.f., l.s., d.	2N323, 2N324	MOT, G-E G-E
2T315	2SB50	P—a.f., l.s., d.	2N508	MOT, G-E
2T321, 2T322	2SB51	P—a.f., l.s.	2N319 2N320	MOT, G-E MOT, G-E
2T383	2SB53	P—l.n., a.f., l.s.	2N526	MOT, G-E, SYL
2T501		N—a.f., p	2N326	SYL
2T511-2T513		N—bc. con., mix.	2N169A	G-E, SYL
2T520-2T523		N—i.f. amp.	2N169A	G-E, SYL
2T551		N—r.f.	2N168A	SYL
2T552		N—r.f. amp.	2N169A	G-E, SYL
2T681		N—l.n., a.f. amp.	2N647	RCA
2T682		N—ci., sw.	2N585	RCA, GI, SYL
2T701		N—con.	2N168A	SYL
2T2001		P—con.	2N384	RCA, SYL
2T3011	2SB140	P—ci., a.f., p.	2N301	RCA, SYL
2T3021	2SB141	P—ci., a.f., p.	2N301A	RCA, SYL
2T3030	2SB142	P—a.f., p.	2N301	RCA, SYL
2T3031, 2T3032	2SB143	P—a.f., p.	2N301	RCA, SYL
2T3032, 2T3033	2SB144	P—a.f., p.	2N301	RCA, SYL
	2SB27	P—a.f. p-amp.	2N176	MOT, RCA
	2SB28	P—a.f. p-amp.	2N351	RCA
	2SB29	P—a.f. p-amp.	2N376	RCA
	2SC15	N—ci., vhf.osc.	2N1564, 2N1565	TI
	2SC191-2SC197	N—ci., r.f.amp.	2N332-2N336	RAY, TI, SYL, G-E

(B)　日立（HITACHI）牌

NUMBER	TYPE AND SERVICE	AMERICAN	
		NUMBER	MFGR.
2SA12	P—455 kc. amp.	2N218	RCA
2SA13	"	2N410	RCA
2SA15	P—540-1640 kc. con.	2N219	RCA
2SA16	"	2N412	RCA, SYL
2SA80	P—s-w con.	2N370	RCA, SYL
2SA81	P—s-w local osc.	2N371	RCA
2SA82	P—s-w mixer	2N372	RCA
2SA83	P—455 kc. amp.	2N373	RCA, SYL
2SA84	P—540-1640 kc. con.	2N374	RCA, SYL
2SA208	P—med. speed sw.	2N578	GI, RCA
2SA209	"	2N579	GI, RCA
2SA210	"	2N580	GI, RCA
2SA211	"	2N581	GI, RCA
2SA212	"	2N404	TI, RCA, MOT, SYL, G-E, RAY, GI
2SA217	"	2N582	GI, RCA
2SB68	P—h.v. sw.	2N398	SYL, MOT, RCA, GI
2SB73	P—l.n., a.f. amp	2N220	RCA
2SB75	P—cl. A a.f amp.	2N215	RCA
2SB76	P—cl. A a.f. amp.	2N406	RCA, SYL
2SB77	P—l.s. a.f. amp.	2N217	RCA, SYL
2SB78	"	2N408	RCA, SYL
2SB83	P—p. a.f. amp. and sw.	2N301	RCA, SYL
2SB84	"	2N301A	RCA, SYL
2SB89	P—l.s. a.f. amp.	2N270-5	RCA
2SB183	P—cl.A, a.f. amp.	2N105	RCA
2SB184	P—l.s. a.f. amp.	2N105	RCA
2SC89	N—m.s. sw.	2N585	RCA, GI, SYL
2SC90	"	2N1090	GI, RCA, MOT
2SC91	"	2N1091	RCA, GI
2SD75	N—cl. A a.f. amp.	2N1010	RCA
2SD77	N—l.s. a.f. amp.	2N647	RCA
2SD120	N—h.p. sw.	2N1480	RCA
2SD121	"	2N1482	RCA
2SD122	"	2N1484	RCA
2SD123	"	2N1486	RCA
2SD124	"	2N1488	RCA
2SD125	"	2N1490	RCA

(C) 神戸 (KOBE) 牌

KOBE NO.	TYPE AND SERVICE	AMERICAN	
		NUMBER	MFGR.
2SA30, 2SA254	P—con.	2N412, 2N1058 2N136, 2N137	SYL SYL G-E
2SA31, 2SA255	P—i.f. amp.	2N409 2N410	SYL RCA
2SA35	P—con.	2N140 2N219 2N417 2N135	RCA, SYL RCA RAY G-E
2SA36	P—i.f. amp.	2N107, 2N135, 2N136 2N139 2N218 2N413 2N413A 2N414 2N414A	G-E RCA, SYL RCA RAY, G-E RAY, GI RAY, G-E, GI RAY, GI, SYL
2SA40	P—m.s. sw.	2N123 2N269-4 2N394 2N396 2N404 2N425 2N518	G-E RCA G-E GE, SYL, GI, RAY, TI RCA, TI, MOT, SYL, G-E, RAY, GI RAY, MOT, GI, SYL G-E
2SA43	P—s-w r.f. amp.	CK13, CK14, CK17 2N128 2N247 2N274-6 2N344, 2N345 2N416, 2N417 2N1432	RAY SPR SYL MOT SPR RAY SYL
2SA64	P—h.s. sw.	2N240 2N317 2N397 2N582 2N584 2N1017	SPR GI G-E, RAY, TI, SYL RCA, GI RCA RAY
2SA105, 2SA270	P—con.	2N344, 2N345, 2N346	SPR
2SA108, 2SA109, 2SA256, 2SA266	P—r.f. amp.	2N370 2N128	RCA, SYL SPR
2SA110, 2SA257, 2SA267	P—con.	2N371-2N373 2N374 2N482-2N486 2N499 2N504 2N544	RCA RCA, SYL RAY SPR, GI SPR, GI RCA, SYL
2SA111, 2SA258, 2SA268	P—osc.	2N371 2N499	RCA SPR, GI
2SA112, 2SA259, 2SA269	P—mix.	2N372	RCA
2SA116	P—r.f. amp, vhf.	2N346 2N384 2N1177	SPR RCA, SYL RCA
2SA117	P—osc., vhf.	2N346 2N384 2N1178	SPR RCA, SYL RCA
2SA118	P—mix., vhf.	2N346 2N384 2N1179 2N1180	SPR RCA, SYL RCA RCA
2SB32, 2SB261	P—a.f. amp., d.	2N34 2N105 2N107 2N238 2N240 2N322 2N367 2N405 2N406	RCA G-E TI SPR G-E, MOT TI SYL RCA, SYL SYL
2SB33, 2SB262	P—a.f. amp., d.	2N34 2N109 2N189, 2N190 2N265-2 2N324 2N409 2N1144 2N1145 2N1265	SYL RCA, SYL G-E G-E, BEN G-E RCA G-E G-E SYL
2SB34, 2SB38, 2SB263	P—a.f. amp., p.	2N185 2N186, 2N186A, 2N187A, 2N188A, 2N241A 2N270-5 2N291-14 2N319-2N321, 2N323 2N327A-2N329A 2N464 2N465 2N466 2N633	TI G-E RCA G-E, MOT RAY, HUG RAY, MOT, GI, SYL RAY, MOT RAY, MOT, GI, SYL RAY TI
2SB37	P—a.f. amp., p.	2N43, 2N44 2N109, 2N217 2N104 2N189-2N192 2N238 2N331 2N422 2N632 2N1097 2N1098 2N1144 2N1145	G-E RCA, SYL RCA G-E TI RCA, GI, MOT RAY, SYL RAY G-E G-E G-E G-E
2SB39	P—a.f. amp., l.n.	2N175 2N220	RCA, SYL RCA
2SB41, 2SB131	P—a.f. amp., p.	2N155 2N255 2N256 2N301 2N307, 2N307A 2N376	RAY BEN RCA, SYL SYL, BEN SYL, BEN RCA
2SB42, 2SB132	P—a.f. amp., p.	2N242, 2N296 2N251	SYL TI
2SB61	P—a.f. amp.	2N322, 2N323 2N324 2N422	G-E, MOT G-E RAY, SYL
2SB65	P—l.s. sw.	2N464-2N466 2N467 2N592, 2N593 2N602-2N604	RAY, MOT, GI, SYL RAY, GI GI GI, SYL
2SB120	P—a.f. amp., d.	2N591	RCA
2SB121	P—l.s. sw.	2N398	RCA, SYL, MOT, GI
2SB151	P—l.s. sw.	2N456 2N457 2N458, 2N511, 2N511A, 2N511B 2N1043, 2N1044	TI, RCA TI, RCA TI
2SB152	P—l.s. sw.	2N1021, 2N1022 2N1045, 2N1046,	TI
2SB180	P—a.f. amp., m.	2N524, 2N527 2N525, 2N526 2N1038, 2N1042 2N1183, 2N1184	GE, MOT GE, MOT, SYL TI RCA
2SB181	P—a.f. amp., m.	2N1039-2N1041 2N1183, 2N1183B, 2N1184A, 2N1184B	TI RCA
2SD33	P—a.f. amp., p.	2N649	RCA
2SD37	P—a.f. amp., p.	2N647 2N1101, 2N1102	RCA SYL

P—"p-n-p"; N—"n-p-n"; con.—converter; i.f. amp.—i.f. amplifier; l.s., m.s., h.s.—low, med., high-speed switch; s-w r.f. amp.—shortwave amp. osc.—oscillator; mix.—mixer; vhf. very high frequency; d.—driver; p.—power; l.n.—low noise; m.—medium power. BEN—Bendix, G-E—General Electric, GI—General Instrument, HUG—Hughes, MOT—Motorola, RCA—Radio Corporation of America, RAY—Raytheon, SPR—Sprague, TI—Texas Instruments.

(D)　東芝(TOSHIBA)牌

TOSHIBA NO.	TYPE AND SERVICE	AMERICAN NUMBER	AMERICAN MFGR.
2SA49	P—bc. i.f. amp.	2N137 2N140 2N412 2N412 0C44	ETC, G-E ETC, RCA, SYL ETC ETC, RCA, SYL AMP, PHIL
2SA50	P—h.s. sw.	2N583	ETC, RCA
2SA52	P—bc. con.	2N409 2N410 0C45	ETC, SYL ETC, RCA AMP, PHIL
2SA53	P—bc. i.f. amp.	2N135 2N136 2N139 0C46,0C47	ETC, G-E ETC, G-E ETC, RCA, SYL AMP
2SA57	P—vhf. amp.	0C171	AMP
2SA58	P—s-w. i.f. amp.	0C169,0C170	AMP
2SA65	P—h.s. sw.	2N111,2N111A 2N112,2N112A 2N382,2N383 2N394 2N395	ETC ETC, SYL, TUNG, UST ETC, ITC, G-E, UST G-E, RAY, SYL, TI
2SA66	P—h.s. sw.	2N113 2N123 2N396 2N396A	ETC ETC, G-E, ITC CPC, G-E, GI, RAY, SYL, TI, ITC G-E, GI, ITC, SYL
2SA67	P—h.s. sw.	2N114 2N311 2N397 2N415,2N415A 2N518	ETC, GI ETC CPC, ITC, RAY, SYL. TI, UST, G-E ETC ETC, G-E
2SA72	P—h.f. amp.	2N247 2N370 2N372 2N544 MC103	SYL RCA, SYL RCA SYL PHIL
2SA73	P—bc. con.	2N371 2N374 MC101,MC102	RCA RCA, SYL PHIL
2SA74	P—vid. amp.	2N1065	CPS, ETC, GI
2SA76	P—vhf. amp., con.	2N1023 2N1066	RCA RCA
2SA78	P—h.s. sw.	2N1384	RCA
2SA92	P—s-w. osc.	2N1636,2N1637, 2N1639	RCA
2SA93	P—s-w. mix.	2N1634,2N1638	RCA
2SA175	P—h.f. amp.	2N384	RCA
2SA200	P—i.f. amp.	2N1124 T1000,T1001. T1796	PHIL PHIL
2SA229	P—vhf. amp.	2N500 2N588 2N700 2N769	PHIL PHIL, SPR MOT PHIL, SPR
2SA230	P—vhf. amp.	2N502A	PHIL
2SA236	P—bc. i.f. amp.	2N373	RCA, SYL
2SA239	P—uhf. osc., mix.	2N499	GI, PHIL, SPR
2SA240	P—vhf. amp.	2N502,2N503	PHIL
2SA276	P—h.s. sw.	2N501 2N559 2N741 2N768	ETC, PHIL, SPR ETC, WEC MOT PHIL, SPR
2SA277	P—m.s. sw.	2N581	CPC, ETC, GI, ITC, RCA, TUNG
2SA278	P—m.s. sw.	2N311	ETC, GI
2SA282	P—m.s. sw.	2N315 2N315A 2N394 2N395	ETC, ITC, UST CPC, ETC, GI, ITC, UST ETC, G-E, ITC, UST G-E, RAY, SYL, TI
2SA282 (cont.)		2N404 2N413 2N413A 2N414 2N414A 2N416 2N425 2N426 2N427 2N428 2N481 2N482 2N483 2N508 2N520A 2N528 2N529-2N533 2N578 2N658 2N1280,2N1284 2N1303 2N1305 2N1352,2N1353 2N1413,2N1414. 2N1415 2N1471 2N1681 GT123,GT167. GT1065 TR-34,43,44, 45,320,321, 383,482,TRC- 45,70,72 UST760	CPC, ETC, G-E, GI, MOT, RCA, SYL, RAY, TI, TUNG CPC, ETC, G-E, ITC, RAY, UST, TUNG ETC, G-E, GI, UST CPC, ETC, G-E, GI, ITC, RAY, SYL, TUNG, UST ETC, GI, SYL, UST CPC, ETC, GI, ITC, UST CPC, ETC, GI, ITC, MOT, RAY, TUNG, UST CPC, ETC, ITC, MOT, RAY, SYL, TI, TUNG, UST CPC, ETC, G-E, GI, MOT, RAY, SYL, TI, TUNG CPC, ETC, G-E, GI, ITC, MOT, RAY, SYL, TI, TUNG, UST ETC, ITC, RAY, UST ETC, ITC, RAY, SYL, UST ETC, ITC, RAY, SYL, UST ETC, G-E, MOT CPC, ETC, GI, ITC WEC ETC, GI CPC, ETC, GI, ITC, RCA, TI ETC, RAY ETC, ITC, UST CPC, ETC, G-E, GI, RCA, SYL, TI CPC, ETC, G-E, GI, RCA, SYL, TI ETC, ITC, UST G-E, MOT ITC TUNG GI ITC UST
2SA283	P—m.s. sw.	2N396 2N404A 2N484 2N485 2N521 2N521A 2N579 2N597,2N598 2N659,2N662 2N1093 2N1281 2N1319 2N1351,2N1355, 2N1356 2N1684 GT1606 TRC44,TRC71 UST761	CPC, ETC, G-E, ITC, RAY, SYL, TI G-E, GI, SYL, RCA, TI ETC, RAY, SYL, UST ETC, ITC, RAY, UST ETC, GI, ITC, UST CPC, ETC, GI, ITC CPC, ETC, GI, ITC, RCA, TUNG CPC, ETC, GI, PHIL CPC, ETC, RAY TI ETC, ITC, UST RCA ETC, ITC, UST SYL GI ITC UST
2SA284	P—m.s. sw.	2N397 2N398 2N417 2N486 2N522 2N522A 2N530	ETC, ITC, RAY, SYL, TI, UST CPC, GI, MOT, RCA, UST CPC, ETC, GI, ITC, RAY, TUNG, UST ETC, ITC, RAY, UST ETC, GI, ITC, UST CPC, ETC, GI, ITC CPC, ETC, GI, ITC, RCA, TUNG

TOSHIBA NO.	TYPE AND SERVICE	AMERICAN	
		NUMBER	MFGR.
2SA284 (cont.)		2N582	CPC, ETC, GI, ITC, RCA, SYL, TUNG
		2N584	ETC, RCA
		2N599	CPC, ETC, PHIL, GI
		2N660.2N661	CPC, ETC, RAY
		2N1017	ADV, CPC, ETC, ITC, RAY, UST
		2N1282	ETC, ITC, UST
		2N1307	CPC, GI, RCA, SYL, TI
		2N1316-2N1318	ETC, ITC, UST
		2N1457	ETC, ITC, UST
		0C43	AMP, PHIL
2SB13	P—bc. i.f. amp.	2N1121	ETC, G-E
		2N1217	G-E
2SB25	P—a.p. amp.	2N235A	BEN, CLE, SYL
		2N235B,2N236A	BEN, CLE
		2N236B	BEN, SYL
		2N297	BEN
		2N297A	BEN, CLE, DEL, MOT
		2N419	BEN
		2N553	DEL
		2N555	MOT
		2N1039	ETC, TI
2SB26	P—a.p. amp	2N155	BEN, CLE, RAY
		2N234A	BEN.
		2N255,	BEN, CLE
		2N256,2N257	BEN, CLE, SYL
		2N301	BEN, CLC, RCA
		2N307	BEN, RCA, SYL, TUNG
		2N307A	BEN, SYL, TUNG
		2N351.2N376	RCA
		2N351A	MOT
		2N352,2N353	PHIL
		2N376A	MOT
		2N399	BEN, SYL
		2N400	BEN
		2N401	SYL
		2N554	MOT
		2N1038	ETC, TI
		2N1261-2N1263	MIN
2SB40	P—m.s. sw.	2N280	AMP, ETC
		2N519	ETC, GI, ITC, SYL, UST
		2N519A	CPC, ETC, GI, ITC
2SB43	P—a. amp.	2N556-2N558	ETC
		2N649	ETC, RCA
2SB44	P—a. amp.	2N34	ETC, G-E, SYL
		2N36	ETC, SYL
		2N37	ETC, SYL
		2N104	ETC, RCA
		2N131A,2N132A	ETC.
		2N188	ETC.
		2N190,2N191	ETC, G-E
		2N192	ETC, G-E
		2N361,2N362	ETC, ITC, RAY, UST
		2N363	
		2N405	ETC, SYL
		2N406,2N408	ETC, RCA, SYL
		2N422	ETC, SYL, UST
		2N460	ETC, ITC, TUNG
		2N461	ETC, ITC, TUNG
		2N591	ETC
		2N1192	MOT
		GT74,GT87	GI
		0C70,0C71,0C72	PHIL
2SB46	P—a. amp.	0C75	PHIL
2SB54	P—a. amp.	2N360	ETC, ITC, RAY, UST
		2N569	ETC
		2N631	RAY, UST
		2N571	ETC
		2N1128-2N1130	PHIL
		2N1191-2N1193	MOT
		GT82,GT109	GI
2SB55	P—a. amp.	2N462	ETC
		2N1008A, 2N1008B	BEN, ETC, SYL
		0C77	PHIL
2SB56	P—a. amp.	2N109	ETC, RCA, SYL

TOSHIBA NO.	TYPE AND SERVICE	AMERICAN	
		NUMBER	MFGR.
2SB56 (cont.)		2N180,2N241, 2N265	ETC
		2N281,2N282	AMP, ETC
		2N563	ETC
		2N564	ETC, GI, ITC
		2N565	ETC
		2N566	ETC, GI, ITC
		2N567	ETC
		2N609-2N613	ETC, WHE
		2N632,2N633	ETC, ITC, RAY, UST
		2N1008	BEN, ETC, SYL
		0C72,0C76	PHIL
2SB62	P—a. amp.	2N1218	SYL
2SB64	P—l.s. sw.	2N1073A	BEN
2SB65	P—a. amp.	2N1115	ETC, G-E
2SB67	P—m.s. sw.	2N271,2N271A	ETC
2SB69	P—l.s. sw.	2N1073	BEN
2SB90	P—a. amp	2N46	RCA
		2N47-2N49	PHIL
		2N105	ETC, RCA
		2N535	ETC, PHIL
		0C53,0C54, 0C56-	AMP
		0C57,0C59	AMP, PHIL
2SB91	P—a. amp.	2N535B	ETC, PHIL
		2N536	PHIL
		0C55	PHIL
2SB97	P—a. amp.	2N535A	ETC, PHIL
		0C58,0C60	AMP, PHIL
2SB122	P—h.v. sw.	2N268	BEN, CLE
		2N268A	CLE
		2N1040	TI
		2N1202	MIN
2SB123	P—l.s. p. sw	2N456	CLE, RCA, TI
		2N561	ETC
		2N669	MOT
		2N1073B	BEN
		2N1314,2N1315	AMP
		2N1667,2N1668, 2N1669	AMP
2SB123A	P—a. amp.	2N1666	AMP
		CTD1311	CLE
2SB126	P—a. amp.	2N176	BEN, MOT, RCA
2SB149	P—h.c. sw.	2N456A	TI
		2N1168	DEL
		0C29,0C35,0C36	AMP
2SB150	P—sw.	2N398	CPC, GI, RCA, UST
		GT34N	GTC
2SB189	P—a. amp., mp.	2N43A	ETC, G-E, UST
		2N223-2N227	ETC, PHIL
		2N241A	ETC, G-E, SYL
		2N291	ETC
2SB200	P—a. amp., mp.	2N185	ETC
		2N270	ETC
		2N1370,2N1371, 2N1382,2N1383	TI, ETC
		0C74,0C79	AMP, PHIL
2SB201	P—m.p. sw	2N319,2N320	ETC, G-E, MOT
		2N321	ETC, G-E, MOT, UST
		2N586	ETC, RCA
		2N1125	PHIL
		0C80	AMP, PHIL
2SB202	P—a. amp., mp.	2N1273,2N1274	TI
2SB234	P—l.s. p. sw.	2N378	TUNG
2SB235	P—a. amp., h.p.	2N174	DEL, MOT, RCA, TI
		2N174A	DEL, TUNG
		2N574A	MIN
		2N677B	BEN, SYL
		2N678B	BEN
		2N1099	DEL, MOT, RCA
		2N1146,2N1146B, 2N1147B	CLE

TOSHIBA NO.	TYPE AND SERVICE	AMERICAN	
		NUMBER	MFGR.
2SB235 (cont.)		2N1358 2N1412 2N1555,2N1559 CTP1296,CTP1297, CTP1503,CTP1551, CTP3504	DEL, MOT, RCA DEL, MOT, RCA DEL, MOT, RCA CLE
2SB236	P—a. amp., h.p.	2N173 2N278 2N574 2N677,2N677A. 2N678A 2N1011 2N1031,2N1031A. 2N1032,2N1032A 2N1558 CTP1226,CTP1504, CTP3503,CTP3508	DEL, MOT, RCA, TI, TUNG DEL, TUNG MIN BEN, SYL BEN, CLE, DEL, MOT BEN MOT CLE
2SB237	P—a. amp., h.p	2N176 2N277 2N678 2N1147 2N1557 CTP1508,CTP1550	BEN, MOT, RCA DEL, TUNG BEN CLE MOT CLE
2SB257	P—a. amp.	2N175	ETC, RCA, SYL
2SB265	P—a amp	2N323 2N324 2N331 2N422 2N464,2N465 2N466.2N467 2N564,2N566. 2N568 2N570 2N1265/5 2N1288 GT20,GT34, GT122,GT1604	ETC, G-E, SYL, UST ETC, G-E BEN, ETC, GI, ITC. MOT, RCA, UST ETC, RAY, SYL, UST ETC, GI, ITC, MOT. RAY, SYL, UST ETC, GI, ITC MOT, RAY, SYL, UST ETC, GI. ITC GI, ITC SYL G-E GI
2SC11	N—sw	2N211 2N212 2N216 2N233 2N233A 2N515,2N516. 2N517	ETC ETC, SYL ETC ETC, SYI ETC ETC
2SC13	N—bc i.f amp	2N94,2N94A 2N438, 2N439 2N448,2N449 2N1058 2N1198	ETC, SYL CPC, ETC, GI SYI CPC, ETC, SYL ETC, G-F SYL ETC, G-E
2SC14	N—m.s sw	2N440 2N312	CPC. ETC, GI, SYL ETC, GTC
2SC16	N—h.s. sw	2N1409,2N1410	GI, PSI, RHE
2SC17	N—m.f. amp	2N754,2N755	TEC
2SC19	N—h.s. sw	2N560 2N1252,2N1253 ST1527,ST1528	NAS, WEC FSC, GI, ITC RHE, TI TEC
2SC20	N—h.f amp	2N1205 ST1523,ST1524	TRAN TEC
2SC21	N—h.f p amp	2N1208,2N1209 2N1212 2N1657	TRAN RAY
2SC43	N—a.f amp	2N214 2N1059	SYL ETC, SYL
2SC44	N—bc. i.f amp.	2N213,2N213A	SYL
2SD43	N—l.s sw	2N444A 2N647 GT229,GT949	CPC, ETC, GI ETC, RCA GTC
2SD44	N—bc i.f. amp	2N35 2N228	ETC, G-E, SYL ETC. SYL
2SD44 (cont.)		2N306 2N1010 2N1310,2N1311 2N1312	ETC, SYL ETC, RCA CPC, ETC, GI CPC, GTC
M8062A	P—a. amp.	2N207B 2N535A 0C58,0C60	PHIL ETC, PHIL AMP
M8062B	P—a. amp	2N105 2N207A 2N535B 0C53,0C54,0C56 0C57,0C59	ETC, RCA PHIL ETC, PHIL AMP AMP, PHIL
M8062C	P—a. amp.	2N207 2N535 2N536 0C55	PHIL ETC, PHIL PHIL AMP
M8099	UNI—l.s. sw.	2N489-2N494	G-E
M8105	N—m.s. sw.	2N445A	CPC, ETC, GI
M8116	P—h.s. sw.	2N602-2N604 2N1395	CPC, GTC, SYL RCA
M8120	N—h.s. sw.	2N377 2N377A 2N385 2N385A 2N388 2N388A 2N438A 2N439A 2N440A 2N446,2N446A 2N447 2N585 2N587 2N634, 2N634A 2N635 2N635A 2N697 2N1090 2N1114 2N1169,2N1170 2N1302 2N1304 2N1306 2N1605 2N1605A 2N1624 2N1672 2N1685 GT903,GT905 GT947-GT948 GT1607,GT1609	CPC, ETC, G-E, GI, SYL CPC, SYL CPC, ETC, GI, SYL CPC, GI, SYL CPC, ETC, PHIL, G-E, GI, SYL CPC, SYL, RCA. TI CPC, ETC, GI, SYL CPC, ETC, GI, SYL CPC, ETC, GI, SYL CPC, ETC, GI ETC, GI CPC, ETC, GI, RCA, SYL CPC, ETC, SYL CPC, ETC, G-E G-E CPC, ETC, G-E G-E FSC, HSDC, ITC. NAS, PSI, RHE, SSD, TEC, TI, UST CPC, ETC, GI, MOT, RAY, RCA ETC, SYL RCA CPC, ETC, RCA, SYL, TI CPC, ETC, G-E, RCA, SYL, TI CPC, G-E, SYL, TI GTC, RAY, RCA, SYL GTC, RCA, SYL GI GI SYL
M8121	N—h.s. sw.	2N699	FSC, ITC, NAS, RHE. SSD, UST, TI
M8126	N—h.s. sw	2N698	FSC, NAS, RHE, SSD, TI

P—"p-n-p"; N—"n-p-n"; a.amp.—audio amplifier; a.p. amp.—audio power amplifier; a.amp. mp.—audio amplifier, medium power; a. amp., hp.—audio amplifier, high power; bc. con.—broadcast converter; bc. i.f. amp.—broadcast i.f. amplifier; bc. osc.—broadcast oscillator; h.f. amp.—high-frequency amplifier; h.s. sw.—high-speed switch; h.c. sw. —high-current switch; hv. sw.—high-voltage switch; ls. sw.—low-speed switch; l.s. p. sw.—low-speed power switch; m.s. sw.—medium-speed switch; m.p. sw.—medium power switch; s-w.i.f. amp.—shortwave i.f. amplifier; uhf. amp.—u.h.f. amplifier; vid. amp.—video amplifier; vhf. amp. con.—v.h.f. amplifier-converter; UNI—unijunction. AMP—Amperex, BEN—Bendix, CLE—Clevite, CPC—C. P. Clare Transistor, DEL—Delco, ETC—Electronic Transistor Corp., G-E—General Electric, GI—General Instrument Corp., HSDC—Hoffman Semiconductor Corp., ITC—Industro Transistor Corp., MOT—Motorola, MIN—Minneapolis-Honeywell, NAS—National Semiconductor Corp., PHIL—Philco, PSI—Pacific Semiconductors, RAY—Raytheon, RCA—Radio Corp. of America, RHE—Rheem Semiconductor, SPR—Sprague, SSD—Sperry Semiconductor Corp., SYL—Sylvania, TEC—Transitron, TI—Texas Instruments, TUNG—Tung Sol, UST—U.S. Transistor Corp., WEC—Western Electric.

1—22 香港無線電視制式

本港無線電視係採用國際電訊諮詢委員會 (International Radio Consultative Committee, 縮寫為 C. C. I. R.) 所訂之制式，只將互載聲由5.5MHz改為6MHz，各項資料如下表所列：

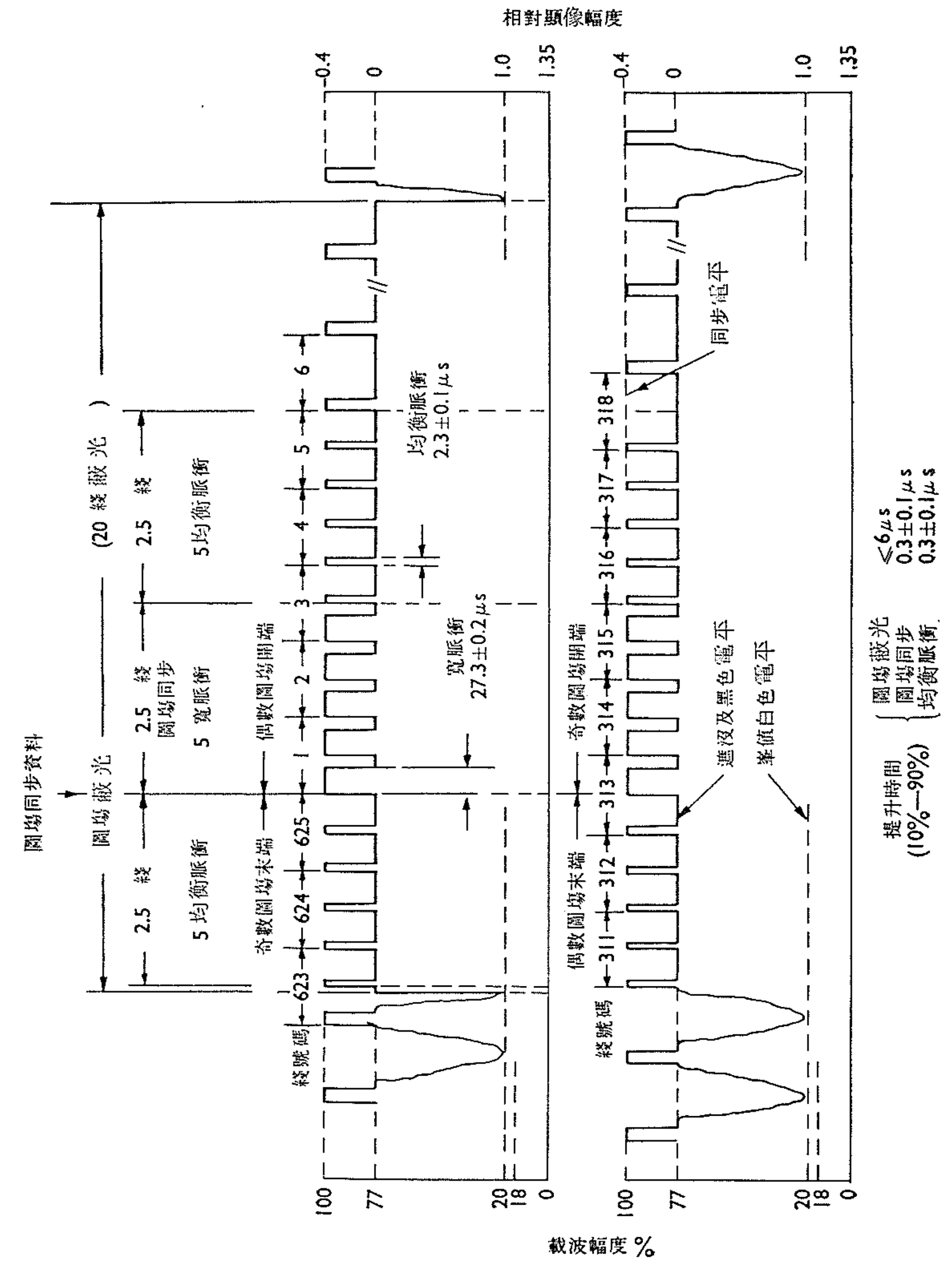
波道寬度	映與聲載波間隔	非對稱旁頻帶映像發射特性		載波調制		極化		畫面特性				彩色電視標準	接收機之中頻			
		上旁頻帶寬度	下旁頻帶寬度	伴音	映像	主發射機	中繼發射機	紋路	幀頻	場頻	寬高比		映像	伴音	互載聲	彩色副載波
8MHz	6MHz	5.5MHz	1.25 MHz	±50 MHz 調頻	負極性調幅	垂直極化	水平極化	625線交織掃描	25 Hz/S	50Hz/S ± 0.001%	4:3	P.A.L.	39.5 MHz	33.5 MHz	6 MHz	35.07 MHz

1—23 香港無線電視波道

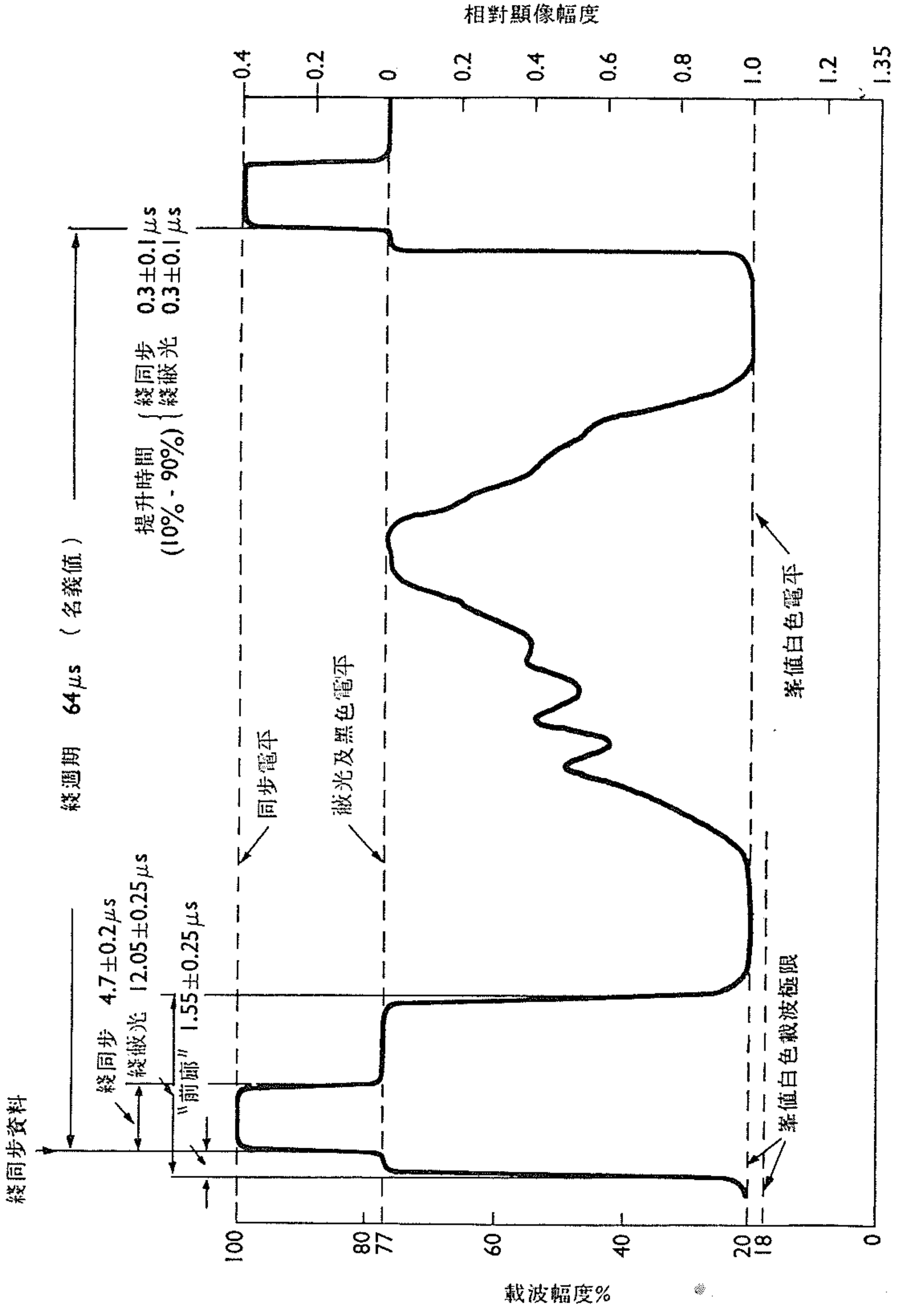
本港係採用超高頻率 (UHF) 第四頻段，包括以下波道在內：

波道編號	波道範圍 (MHz)	載波頻率 (MHz)			接收機振蕩頻率 (MHz)	
		映像	彩色副載波	伴音	本機振蕩器	彩色參照振蕩器
21	470—478	471.25	475.68	477.25	510.75	一律採用
23	486—494	487.25	491.68	493.25	526.75	4.43361875
25	502—510	503.25	507.68	509.25	542.75	或
26	510—518	511.25	515.68	517.25	550.75	4.43
27	518—526	519.25	523.68	525.25	558.75	
28	526—534	527.25	531.68	533.25	566.75	
29	534—542	535.25	539.68	541.25	574.75	
30	542—550	543.25	547.68	549.25	582.75	
31	550—558	551.25	555.68	557.25	590.75	
32	558—566	559.25	563.68	565.25	598.75	
33	566—574	567.25	571.68	573.25	606.75	
34	574—582	575.25	579.68	581.25	614.75	

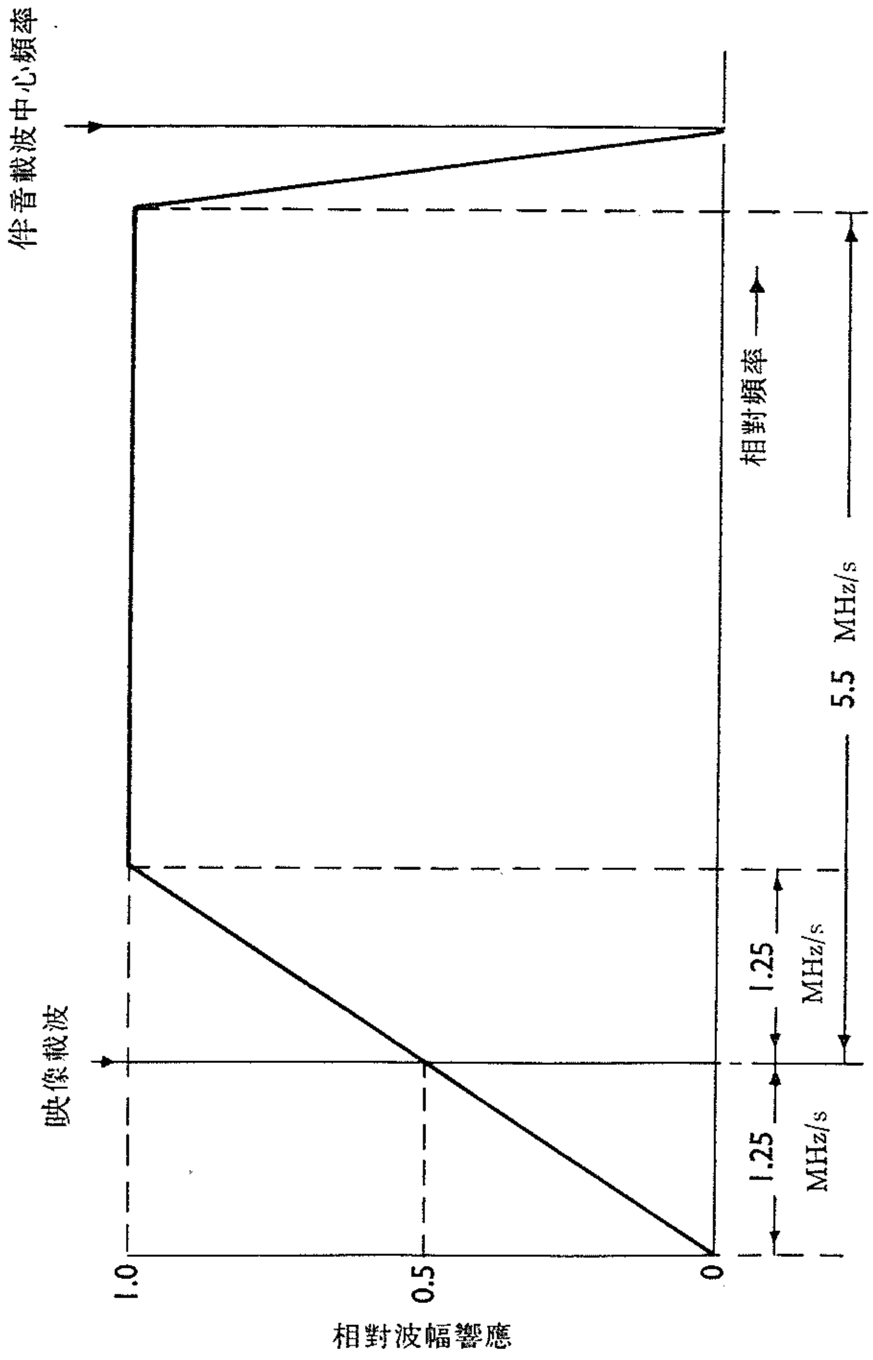
1—24　香港無線電視之圖場同步信號波形



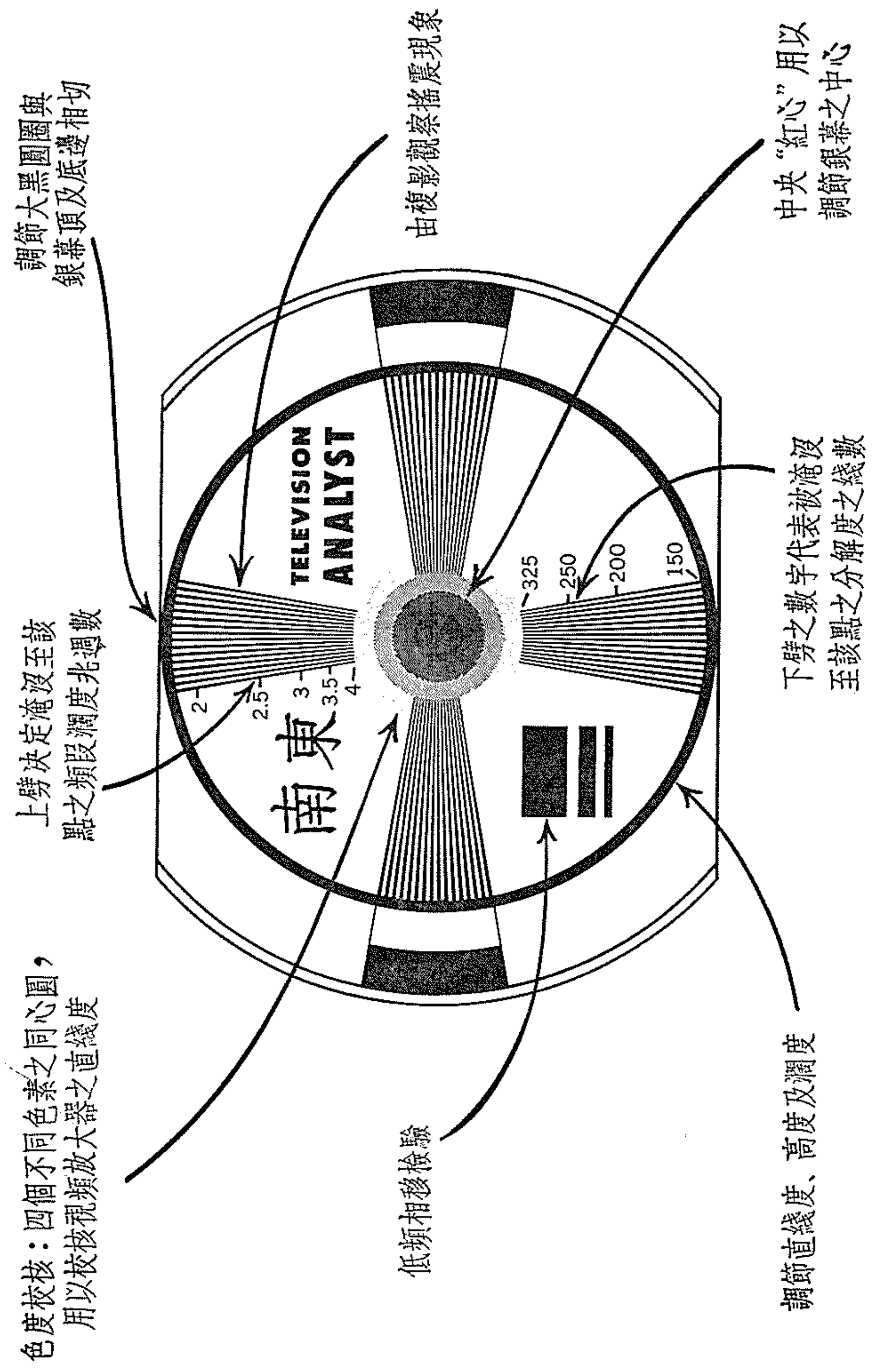
1—25 香港無線電視之綫同步信號波形



1—26　香港無線電視接收機之理想~~應响~~响應曲綫



1—27 東南電專電視播映室之測驗圖



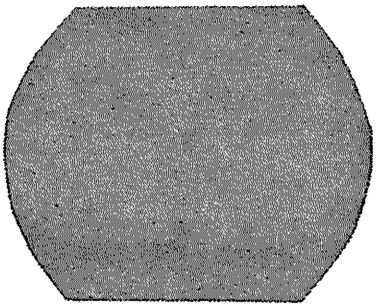
1—28　525/30電視制式波道

美洲國家及日本之電視廣播，均採用525/30制式，所用波道頻率之分配，如下表所列：

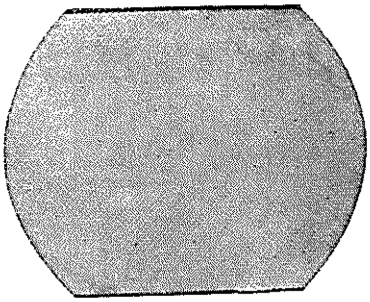
波道編號	映像載波頻率MHz	伴音載波頻率MHz	接收機振盪頻率MHz	波道範圍(MHz)
		VHF		
2	55.25	59.75	101	54-60
3	61.25	65.75	107	60-66
4	67.25	71.75	113	66-72
5	77.25	81.75	123	76-82
6	83.25	87.75	129	82-88
7	175.25	179.25	221	174-180
8	181.25	185.75	227	180-186
9	187.25	191.75	233	186-192
10	193.25	197.75	239	192-198
11	199.25	203.75	245	198-204
12	205.25	209.75	251	204-210
13	211.25	215.75	257	210-216
		UHF		
14	471.25	475.75	517	470-476
15	477.25	481.75	523	476-482
16	483.25	487.75	529	482-488
17	489.25	493.75	535	488-494
18	495.25	499.75	541	494-500
19	501.25	505.75	547	500-506
20	507.25	511.75	553	506-512
21	513.25	517.75	559	512-518
22	519.25	523.75	565	518-524
23	525.25	529.75	571	524-530
24	531.25	535.75	577	530-536
25	537.25	541.75	583	536-542
26	543.25	547.75	589	542-548
27	549.25	553.75	595	548-554
28	555.25	559.75	601	554-560
29	561.25	565.75	607	560-566
30	567.25	571.75	613	566-572
31	573.25	577.75	619	572-578
32	579.25	583.75	625	578-584
33	585.25	589.75	631	584-590
34	591.25	595.75	637	590-596
35	597.25	601.75	643	596-602
36	603.25	607.75	649	602-608
37	609.25	613.75	655	608-614
38	615.25	619.75	661	614-620
39	621.25	625.75	667	620-626
40	627.25	631.75	673	626-632
41	633.25	637.75	679	632-638
42	639.25	643.75	685	638-644
43	645.25	649.75	691	644-650
44	651.25	655.75	697	650-656
45	657.25	661.75	703	656-662
46	663.25	667.75	709	662-668
47	669.25	673.75	715	668-674
48	675.25	679.75	721	674-680
49	681.25	685.75	727	680-686
50	687.25	691.75	733	686-692
51	693.25	697.75	739	692-698
52	699.25	703.75	745	698-704
53	705.25	709.75	751	704-710
54	711.25	715.75	757	710-716
55	717.25	721.75	763	716-722
56	723.25	727.75	769	722-728
57	729.25	733.75	775	728-734
58	735.25	739.75	781	734-740
59	741.25	745.75	787	740-746
60	747.25	751.75	793	746-752
61	753.25	757.75	799	752-758
62	759.25	763.75	805	758-764
63	765.25	769.75	811	764-770
64	771.25	775.75	817	770-776
65	777.65	781.75	823	776-782
66	783.25	787.75	829	782-788
67	789.25	793.75	835	788-794
68	795.25	799.75	841	794-800
69	801.25	805.75	847	800-806
70	807.25	811.75	853	806-812
71	813.25	817.75	859	812-818
72	819.25	823.75	865	818-824
73	825.25	829.75	871	824-830
74	831.25	835.75	877	830-836
75	837.25	841.75	883	836-842
76	843.25	847.75	889	842-848
77	849.25	853.75	895	848-854
78	855.25	859.75	901	854-860
79	861.25	865.75	907	860-866
80	867.25	871.75	913	866-872
81	873.25	877.75	919	872-878
82	879.25	883.75	925	878-884
83	885.25	889.75	931	884-890

波道寬度	映與聲載波間隔	非對稱旁頻帶映像發射特性		載波調制		畫面特性				彩色電視		接收機之中頻		
		上旁頻帶寬度	下旁頻帶寬度	伴音	映像	紋路	幀頻	場頻	寬高比	標準	副載波	映像	伴音	互載聲
6MHz	4.5MHz	4MHz	1.25 MHz	±25 KHz 調頻	負極性調幅	525線交織掃描	30 Hz/S	60 Hz/S	4:3	NTSC	3.58 MHz	45.75 MHz	41.25 MHz	4.5 MHz

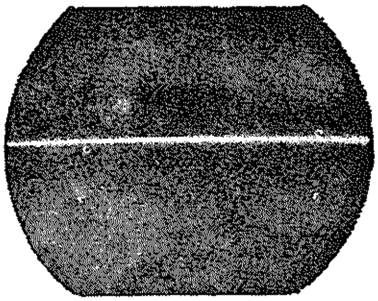
1—29 電視接收機各種故障示[redacted]圖形範



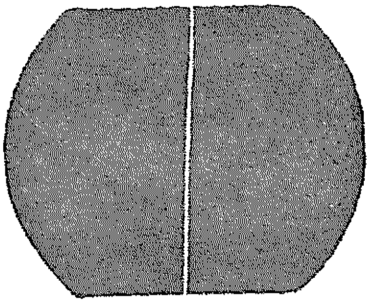
1. 銀幕無光，但伴音正常



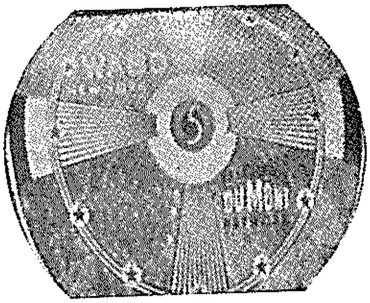
2. 紋路及伴音正常，但無圖像



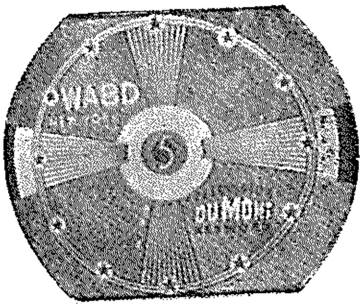
3. 銀幕只見一條光亮水平綫，但伴音正常



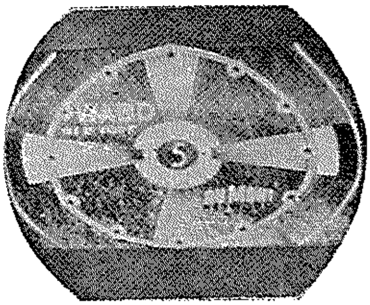
4. 銀幕只見一條光亮垂直綫，但伴音正常



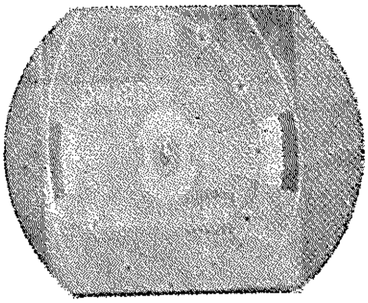
5. 畫面上或下壓縮，但寬度及伴音正常



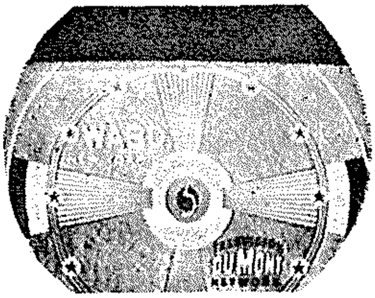
6. 畫面左或右壓縮，但高度及伴音正常



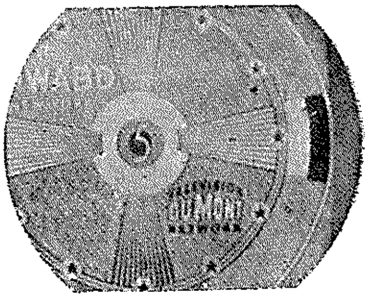
7. 畫面高度不足，但寬度及伴音正常



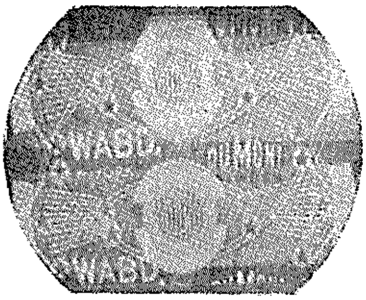
8. 畫面寬度不足，但高度及伴音正常



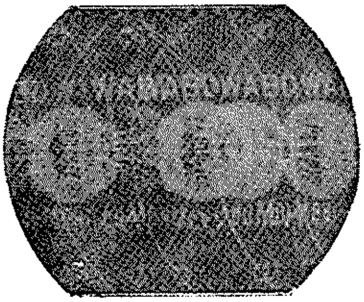
9. 畫面不能垂直集中，但伴音正常



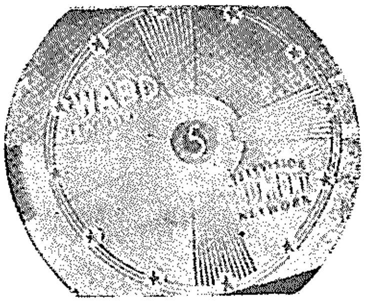
10. 畫面不能水平集中，但伴音正常



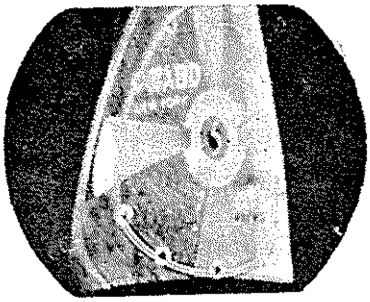
11. 畫面向上或向下旋轉，但伴音及水平同步正常



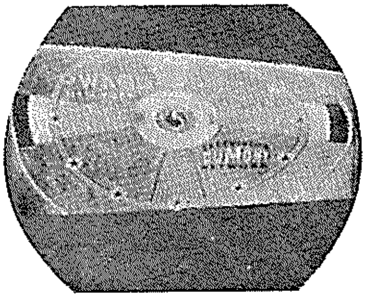
12. 畫面向左或右向轉動，但垂直同步及伴音正常



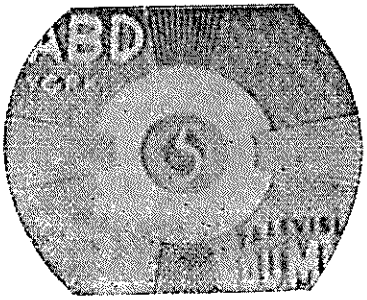
13. 畫面聚焦欠佳，但伴音正常



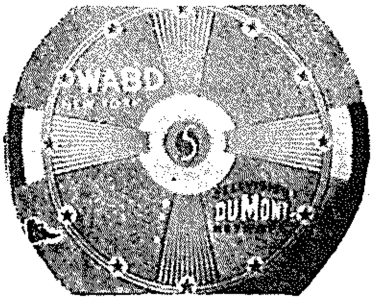
14. 畫面上寬下狹，或上狹下寬，但伴音正常



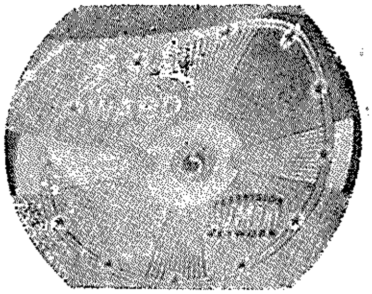
15. 畫面左高右矮，或左矮右高，但伴音正常



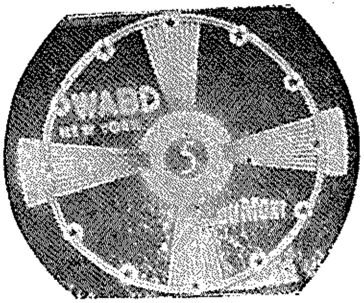
16. 畫面高大而不明亮，但伴音正常



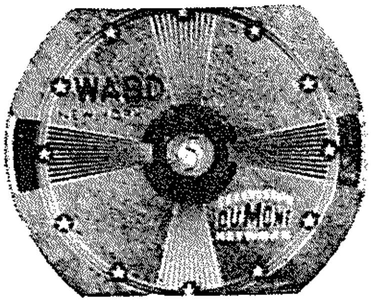
17. 畫面出現顯像管頸暗影，但伴音正常



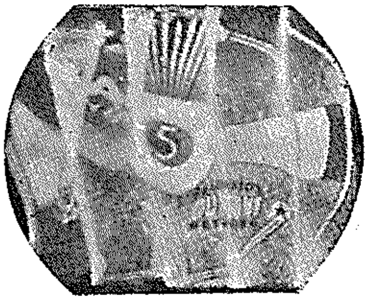
18. 畫面及紋路拉動，但伴音正常



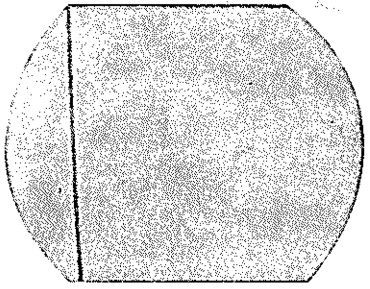
19. 畫面對照過量，但伴音正常



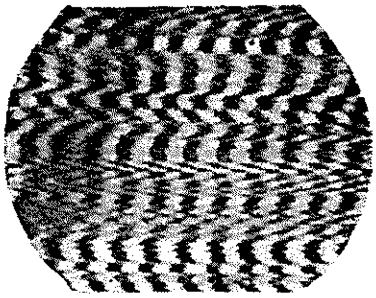
20. 畫面黑變白，及白變黑，但伴音正常



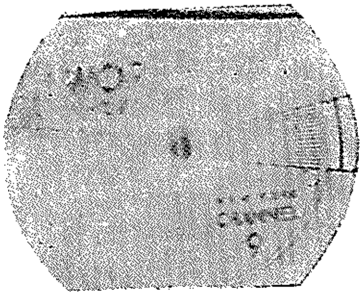
21. 畫面出現黑白相間垂直條紋，但伴音正常



22. 無圖，紋路左方出現一條垂直黑綫，但伴音正常

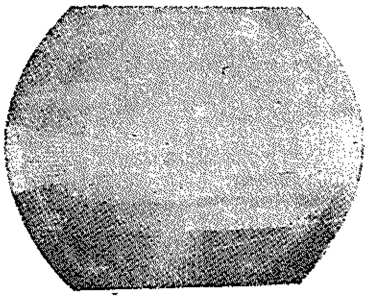


23. 畫面破裂成花布狀，但伴音正常

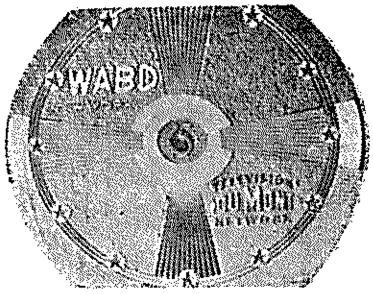


24. 畫面出現黑白相間垂直或傾斜綫，但伴音正常

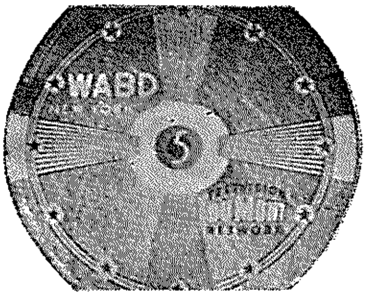
25. 標準測驗圖，參考1—27節



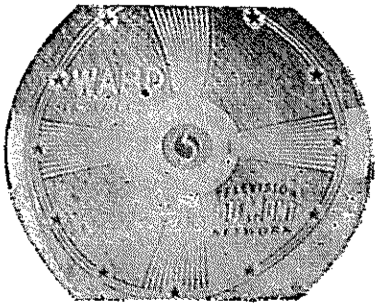
26. 畫面起尾斑及波動失真，但伴音正常



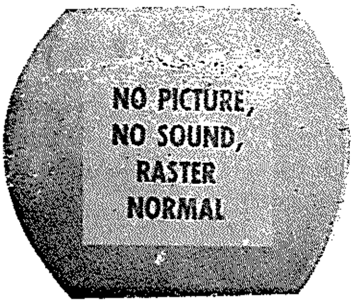
27. 水平劈比垂直劈較光



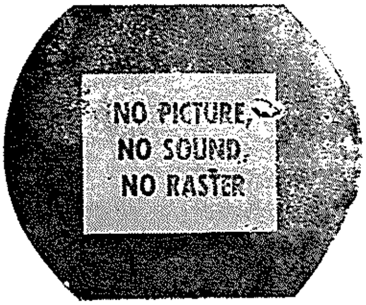
28. 垂直劈衰弱不清楚



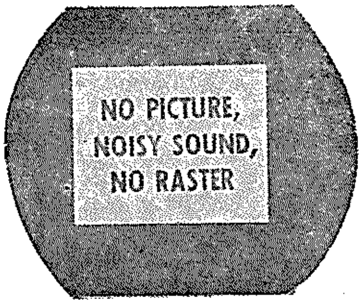
29. 垂直劈彎曲而失真



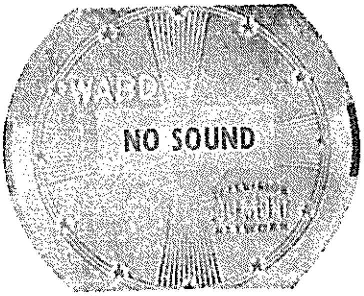
30. 紋路正常，但無圖像及無伴音



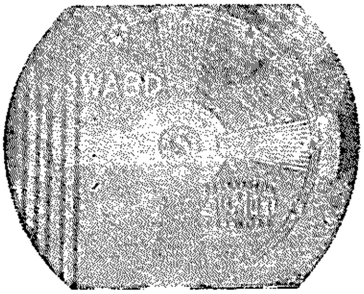
31. 無紋路，無圖像及無伴音



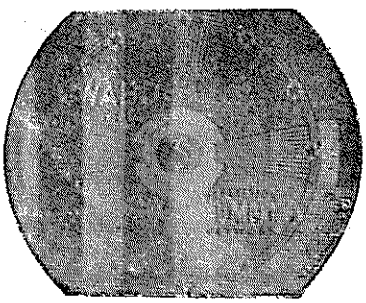
32. 無紋路，無圖像但有噜音



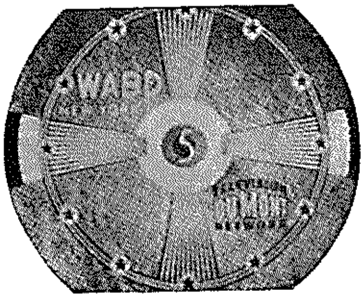
33. 無伴音，但圖像正常



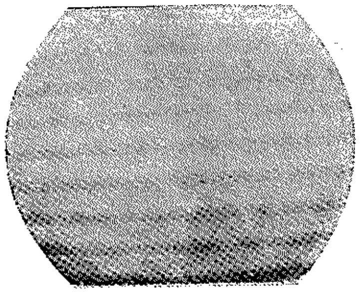
34. 畫面左手邊出現狹小黑灰色垂直條紋，由左向右變弱



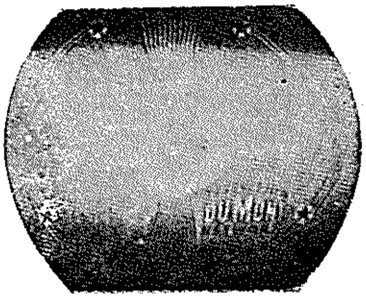
35. 濶垂直條紋横過畫面，由左向右變弱



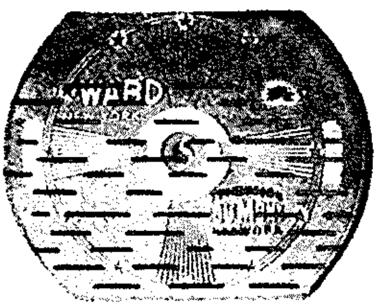
36. 灰色失真



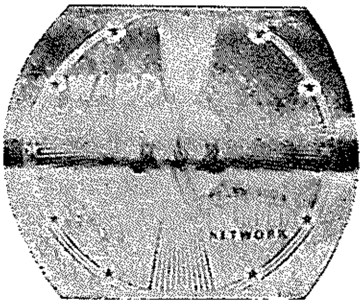
37. 畫面出現若干條灰黑色横紋，隨伴音而跳動



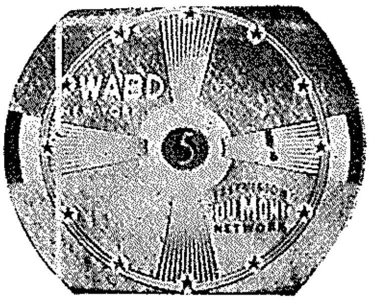
38. 畫面出現交流電壓濶黑色紋條



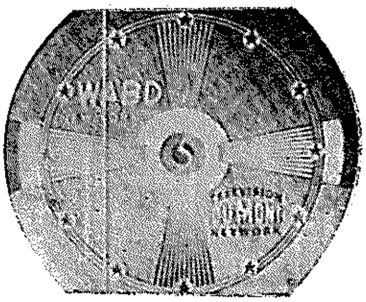
39. 畫面出現水平黑白點



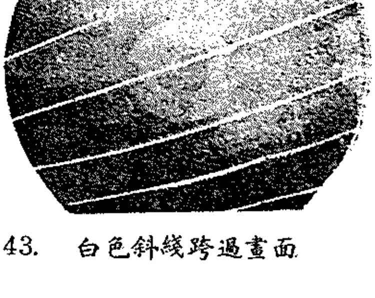
40. 畫面出現鯡骨狀横紋



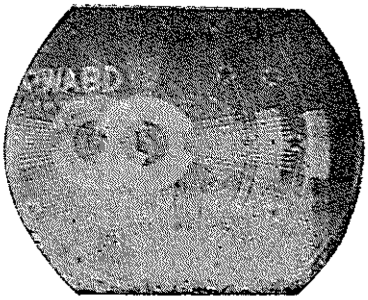
41. 畫面左手邊顯現一條或二條白色直线



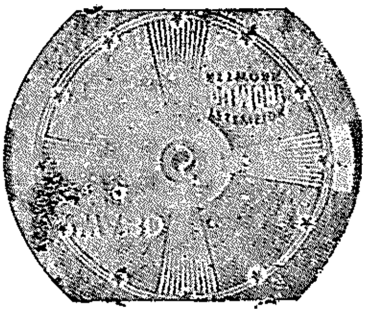
42. 接近畫面圓之心左方出現垂直白线



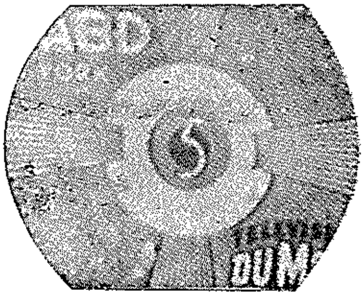
43. 白色斜綫跨過畫面



44. 多個畫面水平相叠



45. 畫面倒轉



46. 畫面過大，但亮度及伴音正常

47. 畫面光亮不足，但伴音正常

1—30 每組應用工具表

在未開始實驗之前，先由教員將以下所需工具作一示範用法：

1……30至100瓦電烙鐵
1……6吋長咀鉗
1……6吋大頭鉗
1……剪線鉗
1……六眼空心螺絲母起子全套
1……絕緣螺絲母起子全套
2……小螺絲批（4吋）
1……大螺絲批（6至8吋）
1……手提電鑽及配件
1……手搖鑽及配件
1……小斧
1……小刀
1……銼
1……幼金屬線擦
1……座枱式虎頭鉗
1……鐵尺
1……管座開孔器
1……小型六角實心螺絲批
1……手搖石磨
1……鐵夾
1……木鑽
1……雙頭螺絲母起子全套
1……繪圖工具全套
1……色筆全套

1—31 每組應用儀器表

下列各項儀器，先由教員作示範用法：

1……20,000歐/伏萬用表
1……電子管伏表
1……調幅式射頻信號產生器
1……調頻式射頻信號產生器
1……標誌加入器
1……平方，正弦，及鋸齒波信號產生器
1……電子開關
1……3吋或5吋電子示波器
1……双線電子示波器
1……信號尋跡機
1……容電器及阻力測驗器
1……電子管測驗器
1……晶體管測驗器
2……頻率表
2……阻力箱
2……容電器箱
1……阻抗比（Q）測驗表
1……可變電壓電能供給

1—32 動電示教板示範實驗指導

先由教員依次序將下列主要示教板，及配合各種應用儀器作一實驗示範指導。

1……各種晶體管基本無線電路動電示教板
2……各種電子管基本無線電路動電示教板
3……各式放大器動電示教板
4……各式整流器動電示教板
5……各式檢波器動電示教板
6……調諧射頻放大式接收機動電示教板
7……交直流超外差式接收機動電示教板
8……交流超外差式接收機動電示教板
9……交流超外差式收音及收報機動電示教板
10……晶體管接收機動電示教板
11……各式振盪器動電示教板
12……擴音機動電示教板
13……有綫電視接收機動電示教板
14……無綫電視接收機動電示教板

1—33　電影視覺教學法示範

以視覺輔助觀念教育制度，在歐美各國施行已久，但本港依然未十分普遍。本校特購置全套新型有16MM及8MM聲電影機，及十五種標準電子工程影片教材，包括電子學說，歐姆定律，串連及並連電路，電磁感應作用，交直流發電機及電動機，電子管之特性及工作原理，晶體管之特性及工作原理，電磁波放射，無線電路，收音機工作原理及修理技術，發射機原理及調整方法，黑白及彩色電視原理等主要課程配合快慢自如之有聲電影機，將抽象學理，用活動實物圖形顯現於銀幕上，同時分用英語，國語，或粵語講解，即可使學者心領神會，對於學理發生極深刻印象。

各生看完每部影片課程後，要將大意摘要作一報告書。

1—34　無線電廣播電台之認識

由教員將無線電廣播電台之各種設備加以解釋，及將廣播與接收程序分析。各生要作一報告書。

1—35　625線黑白及彩色電視廣播電台之認識

由教員將625綫 25幀黑白及彩色無線電視播映台及電視接收機之裝置加以解釋，並將播映與錄影程序分析。各生要作一報告書。

1—36　裝配技術指導

先由教員裝配一部接收機作一示範報導。須注意以下各要點：

1. 製底板——開管座孔，鑽各螺絲釘孔，開電源變壓器窗口。
2. 先裝上各輕小另件，如管座，接線柱，線圈，及調諧容電器等，最後裝上電源變壓器及度盆。
3. 用容易"上錫"裝機線釬接。
4. 用標準松脂心錫條釬接，切物用酸性膏，以免釬點腐蝕。
5. 用小刀將接線一端絕緣皮刨開，清除裸線面及及釬耳之什質，將裸線穿入釬耳小孔，用長咀鉗絞緊之。
6. 烙鐵咀先要上錫，時常保持光澤潔淨，溫度更要保持正常。
7. 右手持烙鐵觸在釬耳或接線上，左手將錫條移至釬耳，經一至二秒鐘後，並發熱熔解，應即迅速移開烙鐵，任由錫液在接點上流動均勻，直至冷却凝結爲止，晶體管，電阻，或容電器等爲容易損壞另件，在釬接時要用散熱器，切勿使其接線過熱，更應避免與電烙鐵相碰，以免損害。
8. 待釬點冷透凝固後，若顯出光滑銀白色者表示釬接優良，若呈灰淡色者，製示釬接粗劣。
9. 用手搖動釬點，若發現鬆脫，即將接線由釬孔移開，清除什質，再次釬接之。
10. 全機釬接妥當，用小螺絲批，將釬耳之殘餘錫碎清餘之，尤其是管座接脚空隙間之錫粒，更要小心掃除，以免短路。

第 二 章

一年級上學期實驗

實驗2—1　電子工程另件及電路符號

目　　的：

1. 認識各種另件。
2. 另件符號繪圖。

應用儀器：

1. 各種固定及可變電阻。
2. 各種固定及可變容電器。
3. 各種電感圈。
4. 各種變壓器。
5. 各式電子管。
6. 各式晶體管及印刷電路板。
7. 各式揚聲器，耳機，開關，保險絲，天線，整流器…………等。
8. 全套繪圖工具。
9. 畫紙。
10. 畫板。

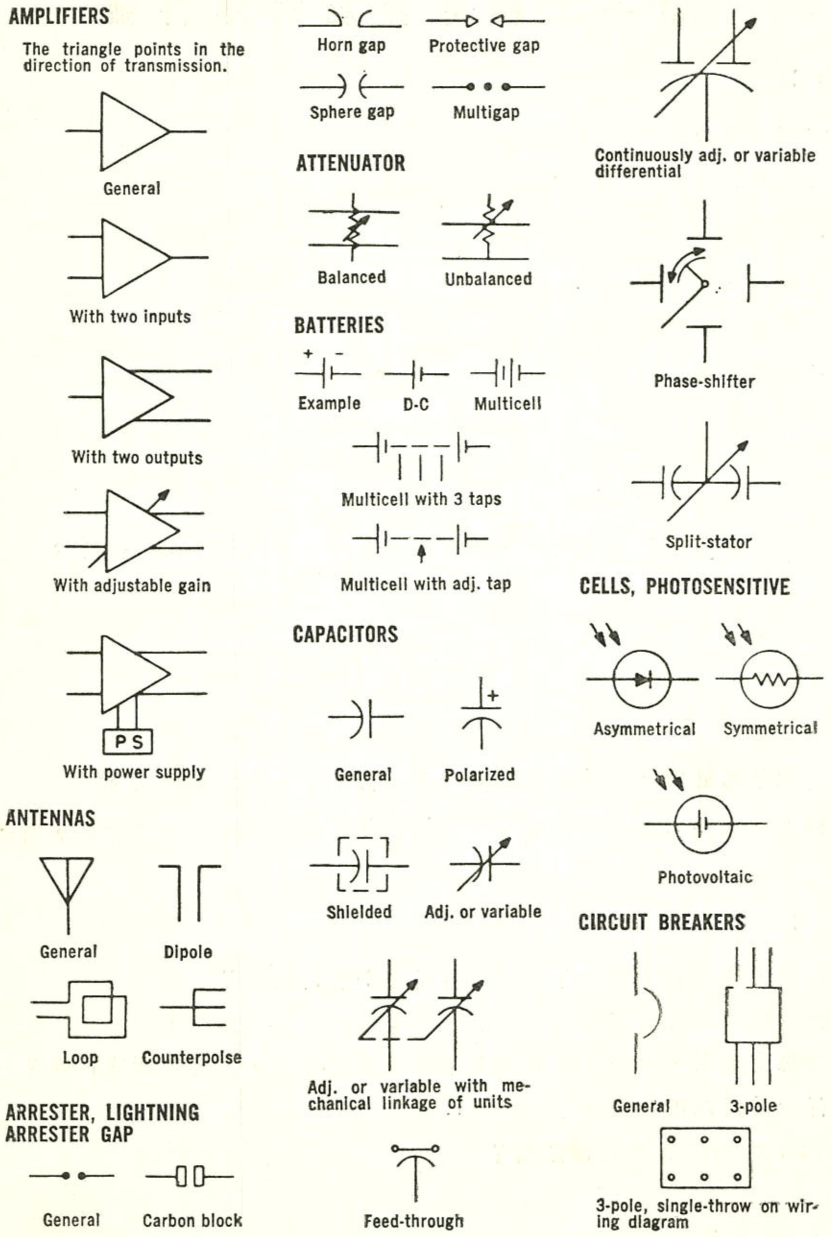
程　　序：

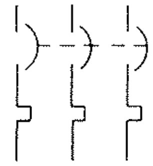
1. 將以下各附圖之另件電路符號繪製一份，並用中文說明之。
2. 將各種實物另件認識清楚，並將各低功率電阻及低耐壓容電器，用色符數字繪製之。

討　　論：

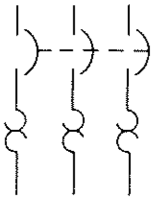
1. 何謂固定及可變電阻？電阻之體積大小有何關係？
2. 何謂固定及可變容電器？電液式容電器主要用途何在？
3. 電源變壓器，中頻變壓器及水平飛退式變壓器，三者之用途何在？
4. 保險絲何以用鉛製造？
5. VHF及UHF天線有何分別？

圖 2—1 電子工程另件電路符號

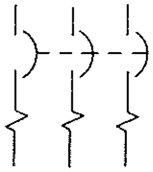




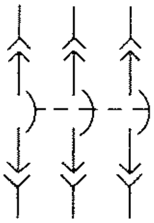
OR



3-pole with thermal overload device



3-pole with magnetic overload device



3-pole drawout

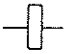
CIRCUIT ELEMENTS

Accepted abbreviations may be used in rectangle. Maintain proportions, but alter size to fit abbreviations.

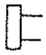
COIL, MAGNETIC BLOWOUT

OR

COIL, OPERATING; COIL, RELAY



OR

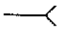


OR

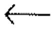
CONNECTION, MECHANICAL

CONNECTOR; DISCONNECTING DEVICE

Not an arrowhead. Lines drawn at 90° angle.



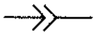
Female contact



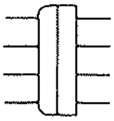
Male contact

Jack or receptacle

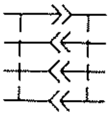
Plug



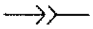
Separable



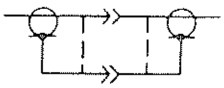
OR



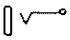
Engaged 4-conductor connectors



Coaxial and waveguide

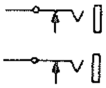


Coaxial with outside connector carried through

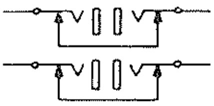


2-conductor (switchboard jack)

2-conductor (switchboard plug)



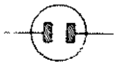
Jacks with circuit normalled through one way



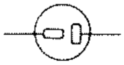
Jacks with circuit normalled through both ways

Power-supply female contact

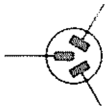
Power-supply male contact



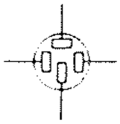
2-conductor nonpolarized with male contacts



2-conductor polarized with female contacts



3-conductor polarized with male contacts

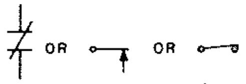


4-conductor polarized with female contacts

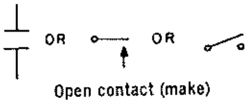
Test blocks, female portion with short-circuiting bar (with terminals shown)

Test blocks, male portion (with terminals shown)

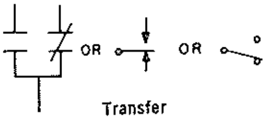
CONTACTS



Closed contact (break)

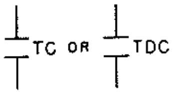


Open contact (make)

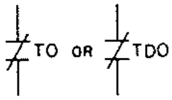


Transfer

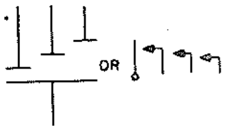
Make-before-break



Open with time closing (TC) or time delay closing (TDC) feature

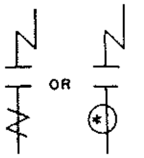


Closed with time opening (TO) or time delay opening (TDO) feature

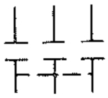


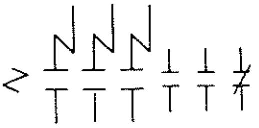
Time sequential closing

CONTACTORS

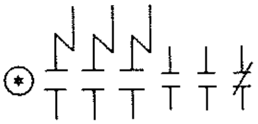


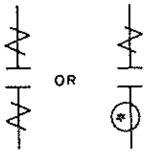
Electrically operated 1-pole with series blowout coil


Manually operated 3-pole



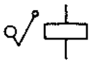
OR

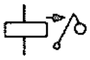

Electrically operated 3-pole with series blowout coils; 2 open and 1 closed auxiliary contacts



Electrically operated 1-pole with shunt blowout coil

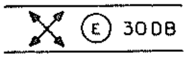
COUNTER, ELECTROMAGNETICALLY OPERATED; MESSAGE REGISTER


General

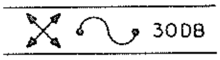

With a make contact

COUPLERS, DIRECTIONAL

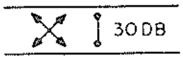
General



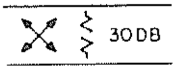
E-plane aperture, 30-db transmission loss



Loop coupling, 30-db transmission loss

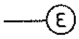


Probe coupling, 30-db transmission loss



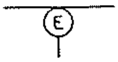
Resistance coupling, 30-db transmissicn loss

COUPLING

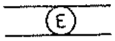


E-plane coupling by aperture to space

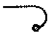
E-plane coupling by aperture; 2 ends of transmission path available



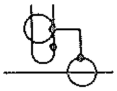
E-plane coupling by aperture; 3 ends of transmission path available



E-plane coupling by aperture; 4 ends of transmission path available

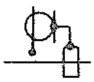

Coupling by loop to space

Coupling by loop to guided transmission path


Coupling by loop from coaxial to circular waveguide with d-c grounds connected

Coupling by probe to space

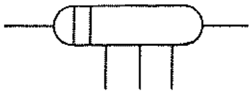
Coupling by probe to a guided transmission path



Coupling by probe from coaxial to rectangular waveguide with direct-current grounds connected

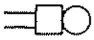
DELAY LINES

General: Length of delay may be indicated. The two vertical lines indicate input side.

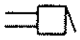


Tapped delay function

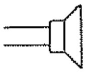
DEVICES, AUDIBLE SIGNAL



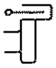
Bell, electrical



Buzzer

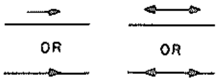


Horn: loudspeaker: siren



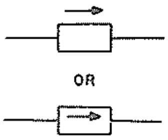
Sounder, telegraph

DIRECTION OF FLOW OF POWER, SIGNAL, OR INFORMATION



One-way　　Both ways

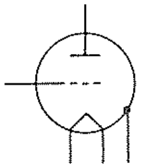
The lower symbol is used if it is necessary to conserve space. The arrowhead in the lower symbol should be filled



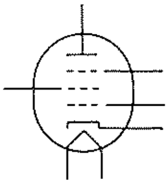
One-way circuit element, general

ELECTRON TUBES

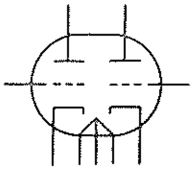
Lines outside of the envelope are not part of the symbol but are electrical connections thereto. Connections between the external circuit and electron tube symbols within the envelope may be located as required to simplify the diagram.



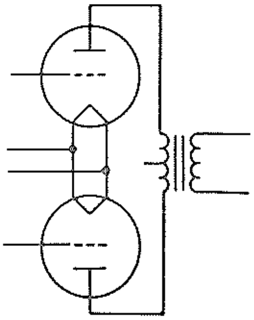
Triode with directly heated filamentary cathode and envelope connection to base terminal



Equipotential-cathode pentode showing use of elongated envelope

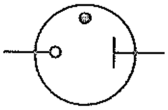


Equipotential-cathode twin triode illustrating elongated envelope



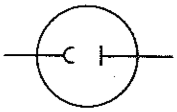
Typical wiring figure. This figure illustrates how tube symbols may be placed in any convenient position in a circuit.

Cold-cathode gas-filled tube

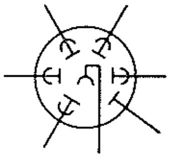


Rectifier or voltage for d-c operation

Phototube

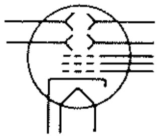


Single-unit, vacuum type

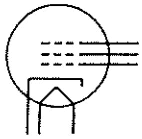


Multiplier type

Cathode-ray tube

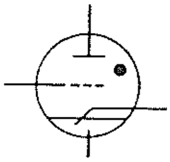


With electric-field deflection

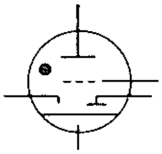


For magnetic deflection

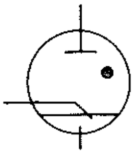
Mercury-pool tube



With ignitor and control gric

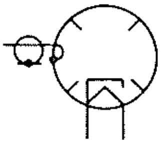


With excitor, control grid, and holding anode

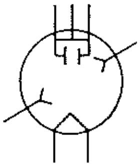


Single-anode pool-type vapor rectifier with ignitor

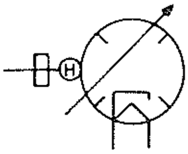
Magnetron



Resonant type with coaxial output

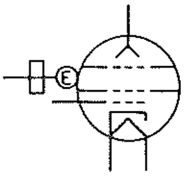


Transit-time split-plate type with stabilizing deflecting electrodes and internal circuit

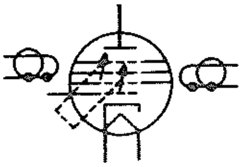


Tunable, aperture coupled

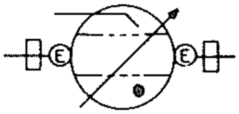
Velocity-modulation tube



Reflex klystron, integral cavity, aperture coupled

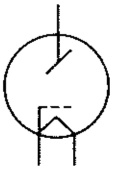


Double-cavity klystron, integral cavity, permanent external-ganged tuning, loop coupled (coupling loop may be shown inside if desired)

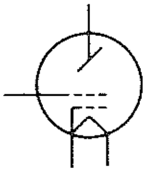


Transmit-receive (TR) tube, gas filled, tunable integral cavity, aperture coupled, with starter

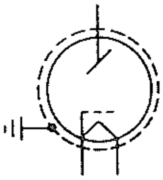
X-ray tube



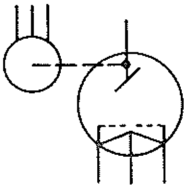
With filamentary cathode and focusing grid (cup)



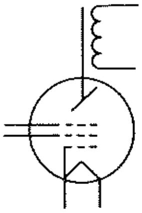
With control grid, filamentary cathode, and focusing cup



With grounded electrostatic shield

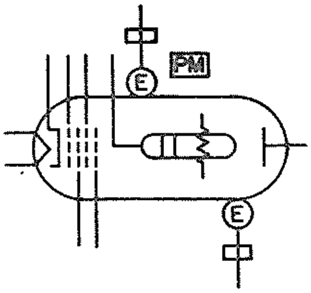


Double focus with rotating anode

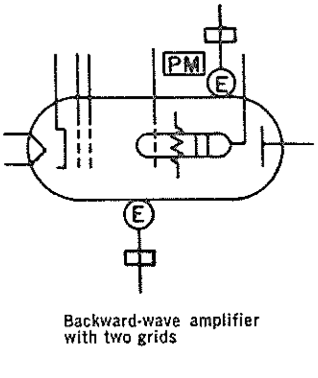


With multiple accelerating electrode, electrostatically and electromagnetically focused

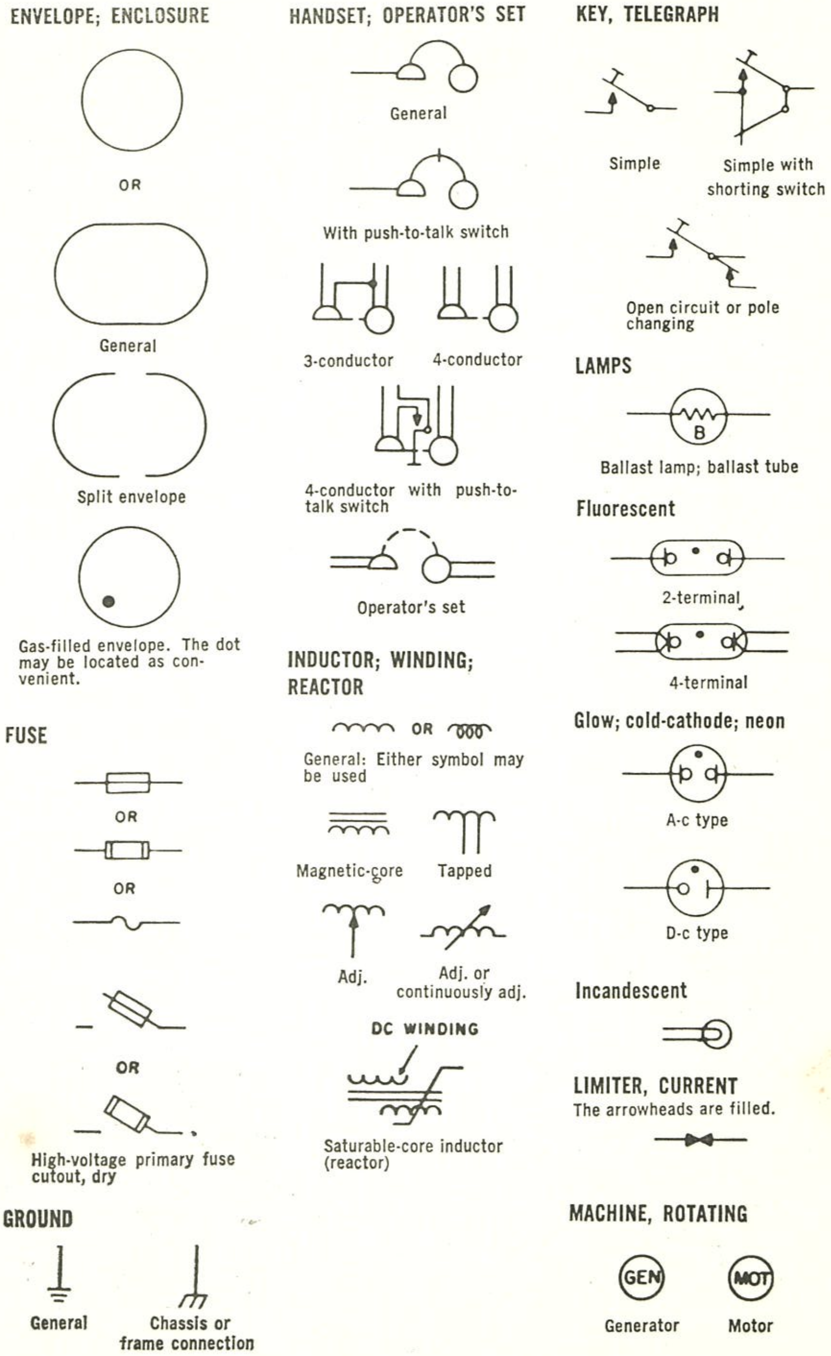
Traveling-wave tube



Forward-wave amplifier with four grids



Backward-wave amplifier with two grids



ENVELOPE; ENCLOSURE
OR
General
Split envelope
Gas-filled envelope. The dot may be located as convenient.
FUSE
OR
OR
OR
High-voltage primary fuse cutout, dry
GROUND
General
Chassis or frame connection
HANDSET; OPERATOR'S SET
General
With push-to-talk switch
3-conductor
4-conductor
4-conductor with push-to-talk switch
Operator's set
INDUCTOR; WINDING; REACTOR
OR
General: Either symbol may be used
Magnetic-core
Tapped
Adj.
Adj. or continuously adj.
DC WINDING
Saturable-core inductor (reactor)
KEY, TELEGRAPH
Simple
Simple with shorting switch
Open circuit or pole changing
LAMPS
B
Ballast lamp; ballast tube
Fluorescent
2-terminal
4-terminal
Glow; cold-cathode; neon
A-c type
D-c type
Incandescent
LIMITER, CURRENT
The arrowheads are filled.
MACHINE, ROTATING
GEN
MOT
Generator
Motor

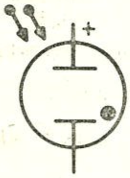
MAGNET, PERMANENT

PM

METER; INSTRUMENT

Replace the asterisk with an abbreviation indicating the function of the meter or instrument.

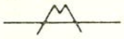
NUCLEAR-RADIATION DETECTOR, IONIZATION CHAMBER PROPORTIONAL COUNTER TUBE GEIGER-MÜLLER COUNTER TUBE



General

MICROPHONE

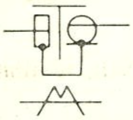
MODE SUPPRESSION



MODE TRANSDUCER

General

Transducer from rectangular to circular waveguide



Transducer from rectangular waveguide to coaxial with mode suppression and direct-current grounds connected

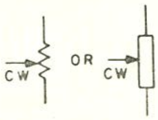
MOTION, MECHANICAL

Translation, one direction

Translation, both directions

Rotation, one direction

Rotation, both directions



Rotation designation (applied to a resistor)

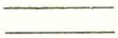
NETWORK

NET

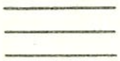
OSCILLATORS

PATH, TRANSMISSION CONDUCTOR CABLE WIRING

Conductive path or conductor; wire



Two conductors or conductive paths



Three conductors or conductive paths

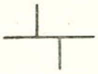
Crossing of paths or conductors not connected. The crossing is not necessarily at a 90-degree angle.

Junction of paths, conductor or cable

SPLICE

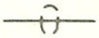
Splice (if desired) of same size cables. Junction of conductors of same size or different size cables.

OR

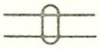


OR ONLY IF REQUIRED BY SPACE LIMITATION

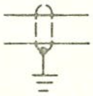
Junction of connected paths, conductors, or wires



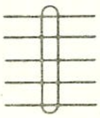
Shielded single conductor



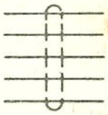
2-conductor cable



Shielded 2-conductor cable with shield grounded

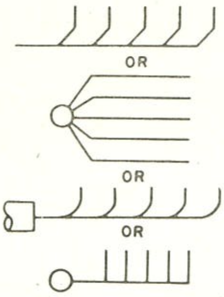


5-conductor cable



Shielded 5-conductor cable

Cable underground or in conduit (long dashes)



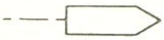
Grouping of leads

Normally, bend of line indicates direction of conductor joining cable.

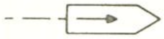
Waveguide

Circular, recognition symbol — Rectangular, recognition symbol

PICKUP HEAD

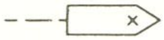


General

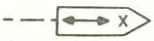


Writing; recording; head, sound recorder

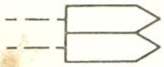
Reading; playback; head, sound reproducer



Erasing; eraser, magnetic

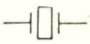


Writing, reading, and erasing

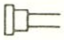


Stereo

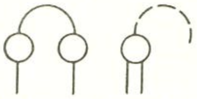
PIEZOELECTRIC CRYSTAL UNIT



RECEIVER, TELEPHONE EARPHONE HEARING AID RECEIVER



General



Headset, double Headset, single

RECTIFIERS

General — Controlled

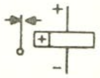
Triangle points in direction of forward (easy) current as indicated by a d-c ammeter, unless otherwise noted adjacent to the symbol. Electron flow is in the opposite direction.

Semiconductor diode; metallic rectifier; electrolytic rectifier; asymmetrical varistor.

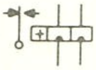
Full-wave bridge-type rectifier

Pool-type cathode power rectifier

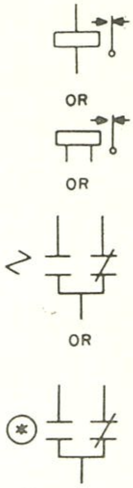
RELAYS



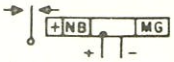
OR



Polarized relay with transfer contacts

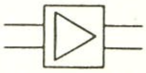


Relay with transfer contacts

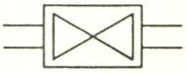


Polarized (no bias) marginal relay with transfer contacts

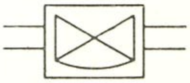
REPEATERS



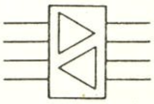
1-way repeater



2-wire 2-way repeater

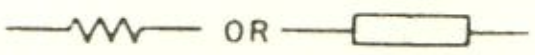


2-wire 2-way repeater with low-frequency bypass

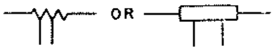


4-wire 2-way repeater

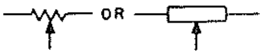
RESISTORS



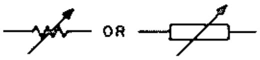
General



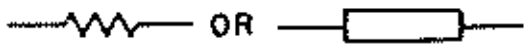
Tapped



With adj. contact

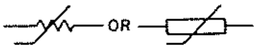


Adj. or continuously adj. (variable)

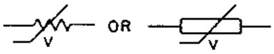


Heating

Instrument or relay shunt



Nonlinear



Symmetrical varistor

RADIATION-SENSITIVITY INDICATORS

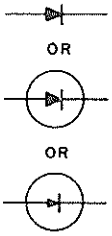
Non-ionizing electromagnetic radiation

Ionizing electromagnetic radiation

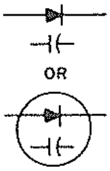
Ionizing particulate radiation

SEMICONDUCTOR DEVICES TRANSISTORS

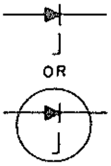
Arrowheads on both the N and P emitter symbols shall be half the length of the arrow away from the semiconductor base region. Emitter, collector and transition line symbols shall be drawn at approximately 60° to the semiconductor base region symbol.



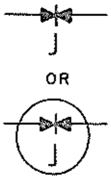
Semiconductor rectifier diode



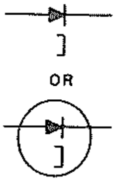
Capacitive diode (varactor)



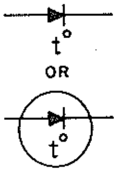
Breakdown diode, unidirectional (also Backward diode)



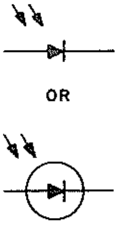
Breakdown diode, bidirectional



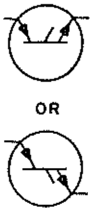
Tunnel diode



Temperature dependent diode



Photodiode



Semiconductor diode, PNPN-type switch

In general, the angle at which a lead is brought to a symbol element has no significance. The envelope symbol may be omitted if no confusion would arise or if none of the elements is connected to the envelope. Orientation, including a mirror-image presentation, does not change the meaning of a symbol. The elements of the symbol must be drawn in such an order as to show clearly the operating function of the device.

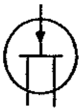
PNP transistor

NPN transistor

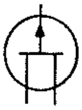
Unijunction transistor with N-type base

Electronics Drafting

Unijunction transistor with P-type base



Field-effect transistor with N-type base



Field-effect transistor with P-type base

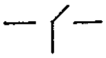
Semiconductor triode, PNPN-type switch

Semiconductor triode, NPNP-type switch

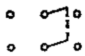
SWITCHES

Single throw

Double throw

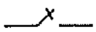


General

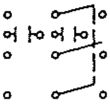


2-pole double-throw switch with terminals shown

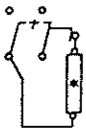
Knife switch



General



3-pole double-throw knife switch with auxiliary contacts and terminals



2-pole field-discharge knife switch with terminals and discharge resistor

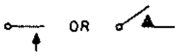
Push button

Circuit closing (make)

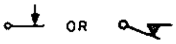
Circuit opening (break)

Nonlocking

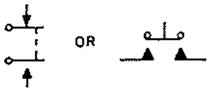
The symbols to the left are commonly used for spring buildups in key switches, relays, and jacks. The symbols to the right are commonly used for toggle switches.



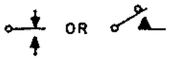
Circuit closing (make)



Circuit opening (break)



Two-circuit

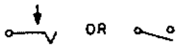


Transfer

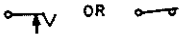
Make-before-break

Locking

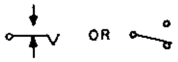
The symbols to the left are commonly used for spring buildups in key switches, relays, and jacks. The symbols to the right are commonly used for toggle switches.



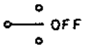
Circuit closing (make)



Circuit opening (break)



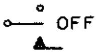
Transfer, 2-position



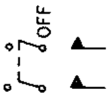
Transfer, 3-position

Make-before-break

Combination locking and nonlocking



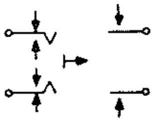
3-position 1-pole: circuit closing (make), off, momentary circuit closing (make)



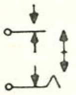
3-position, 2-pole: circuit closing (make), off, momentary circuit closing (make)

Key-type

2-position with locking transfer and break contacts

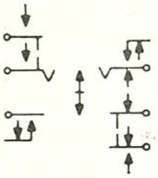


2-position, half of key switch normally operated, multicontact combination

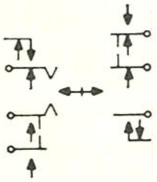


OR

3-position with nonlocking transfer and locking break contacts

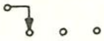


OR



3-position, multicontact combination

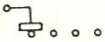
Selector or multiposition

OR 

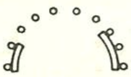
General

OR

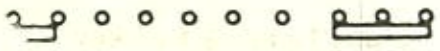
Break-before-make, shorting (bridging) during contact transfer

OR 

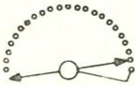
Make-before-break, shorting (bridging) during contact transfer



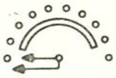
OR



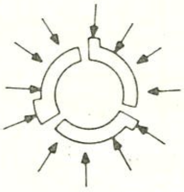
Segmental contact



22-point selector switch



10-point selector switch with fixed segment



Wafer, 3-pole 3-circuit with 2 nonshorting and 1 shorting moving contacts

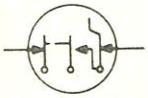
Safety interlock

Circuit opening

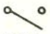
Circuit closing

Hook

Telephone dial



With time delay feature

 OR

TDC

Open switch with time delay closing (TDC) feature

 OR

TDO

Closed switch with time delay opening (TDO) feature

OR

TDO

Open switch with time delay opening (TDO) feature

 OR

TDC

Closed switch with time delay closing (TDC) feature

Flow-actuated

Closing on increase in flow

Opening on increase in flow

Liquid-level-actuated

Closing on rising level

Opening on rising level

Pressure- or vacuum-actuated

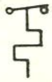
Closing on rising pressure

Opening on rising pressure

Temperature-actuated

OR

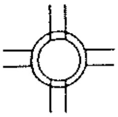
Closing on rising temperature

OR 

Opening on rising temperature

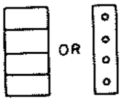
SYNCHROS

General



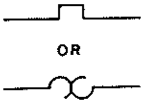
Resolver

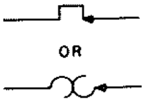
TERMINAL



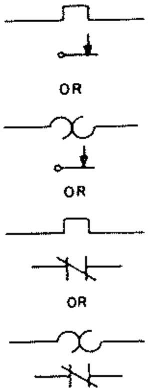
Terminal board or terminal strip, with 4 terminals shown; group of 4 terminals

THERMAL ELEMENT
Actuating device



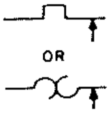


Thermal cutout; flasher

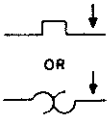


Thermal relay

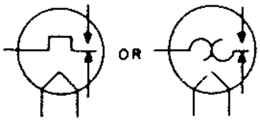
Thermostat



With break contact



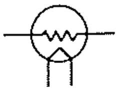
With make contact



With integral heater and transfer contacts

THERMISTORS
RESISTOR, THERMAL

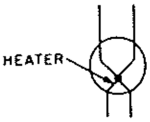
General



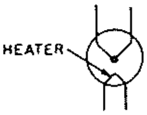
With independent integral heater

THERMOCOUPLES

Temperature-measuring thermocouple

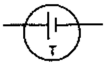


Thermocouple with integral heater internally connected

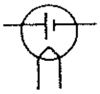


Thermocouple with integral insulated heater

Semiconductor device

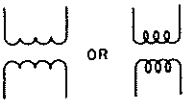


Temperature-measuring

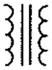


Current-measuring

TRANSFORMERS



General



Magnetic-core

Shielded with magnetic core shown

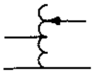
With magnetic core shown and with a shield between windings. The shield is shown connected to the frame.

One winding with adjustable inductance

Each winding with separately adjustable inductance

Adjustable mutual inductor, constant-current transformer

Autotransformer, 1-phase



Adjustable

實驗 2—2 釬接技術

目　　的：

1. 各種工具用法。
2. 導線連接法。
3. 導線釬接法。
4. 接点釬開法。

應用儀器：

1　底板
1　40—100瓦電烙鉄連座架及松脂心釬條
1　長咀鉗
1　剪鉗
1　小刀或銼
1　小尖錐
1　接線柱，附有釬耳
1　20號及22號單綫及絞合綫
1　裝機螺旋
1　萬用電表

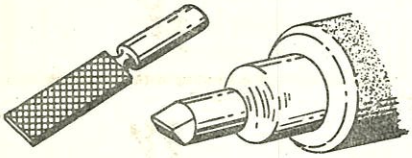
解　　釋：

凡研究無線電及電子工程，基本上必要熟練釬接技術，在從事修理無線電及電視機時，對另件之釬接及釬開技術，必要精巧，始能收到良好效果。釬接時釬點要圓滑堅固，切勿有空隙及鬆脫，對于一般不耐熱另件釬接時，必要用散熱器以保護之。釬接後所留下之錫碎必須小心清除，以免短路。

電子技術上所用之釬條，係含有百分之六十錫及百分之四十鉛之合金(即60/40釬條)，中心藏入松脂，釬接時切勿用酸性物質，以免釬点腐蝕。

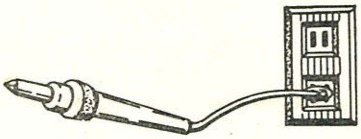
程　　序：

1.　電烙鉄上錫·依照圖2—2所示：第一步用小刀或銼磨去釬咀面之積污；第二步將電烙鉄插入電源；第三步經三分鐘後，將釬條熔勻在釬咀面上；第四步用小刀（或用碎布）括去釬咀過量合金溶液，直至釬咀鋪上一層極薄光滑銀白色錫面·



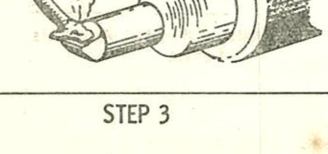
STEP 1

FILE ALL SIDES OF THE TIP SMOOTH AND CLEAN



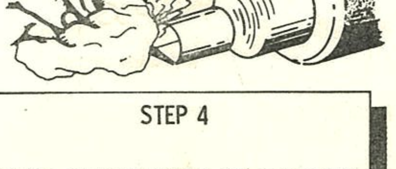
STEP 2

PLUG IN SOLDERING IRON AND ALLOW IT TO HEAT



STEP 3

APPLY JUST ENOUGH SOLDER TO COAT ALL SIDES OF THE TIP



STEP 4

WIPE AWAY EXCESS SOLDER WITH A DAMP RAG (BE CAREFUL NOT TO BURN YOURSELF)

2. 將接線柱裝在底板上·選擇一條大約12吋長導綫，用剪鉗或小刀割開兩端大約一吋長絶緣皮，並用小刀（或用沙紙）刮光綫面· 依照圖2—3所示：第一步將導綫裸出部份套入銲耳內；第二步用長咀鉗將綫扭繞半轉；第三步將導綫扭繞另一半轉；第四步將繞在銲耳上之導綫夾緊之。

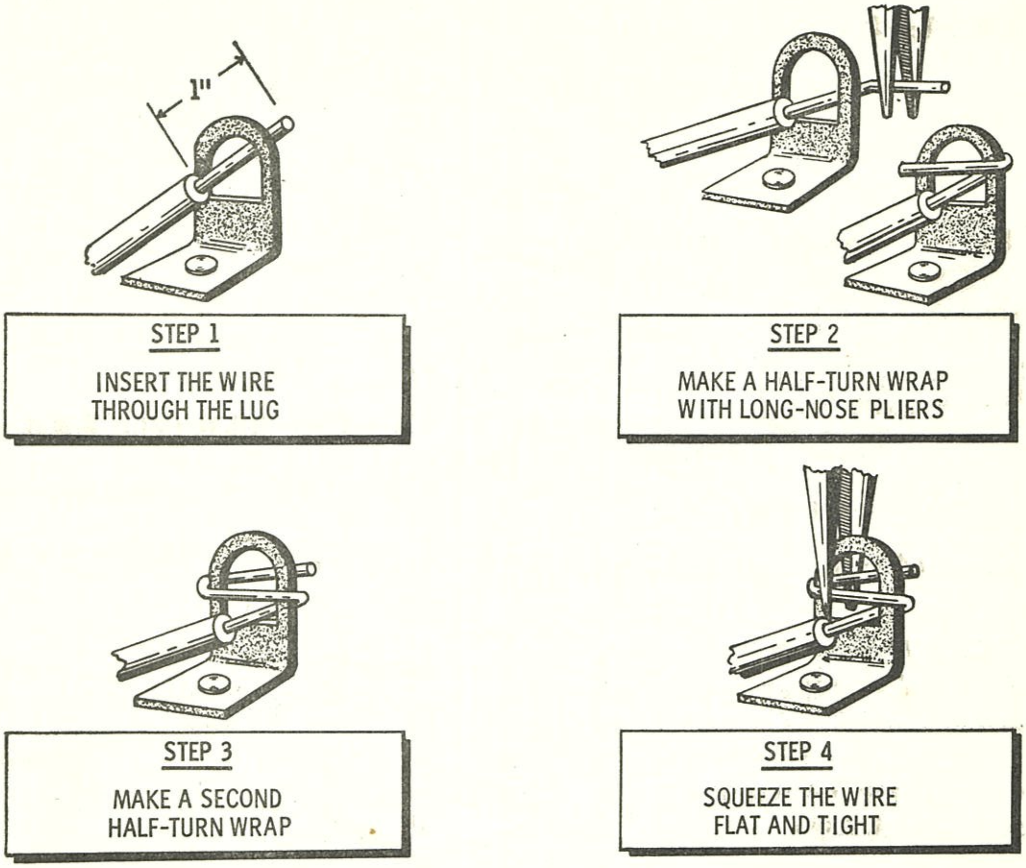


圖2—3·將導綫繞接在銲耳內·

3. 依照圖2—4所示，將烙鉄觸在銲耳背面，待熱至片刻，用銲條觸在銲耳前面接点上，松脂立即蒸發，銲條溶液平滑在接点空隙內流動，移開烙鉄，待冷却後，移動導綫觀察銲点是否堅固· 若接点被極薄光滑錫面舖蓋，有如珠圓玉潤狀況，認爲最優良銲接·在圖 2-5中以銲點(A)爲最佳；(B)係由低温烙鉄所銲接，銲條不能接合；(C)之銲條太厚；(E)由于銲点尚未冷却，即將導綫移動，以致銲條脫落。

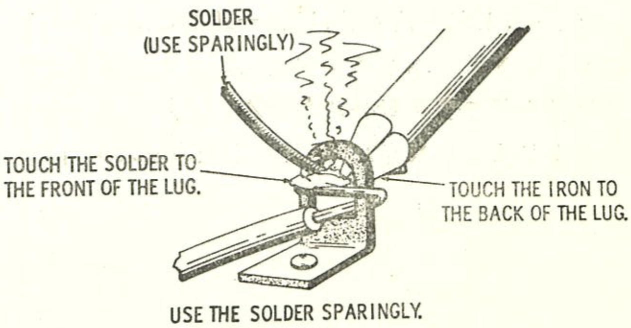


圖2—4·銲接時要節省銲條。

4.　依照圖2—6所示，用歐表最低範圍，測量釬耳與導綫裸出部份之阻力，若釬接良好，其阻力等於零。

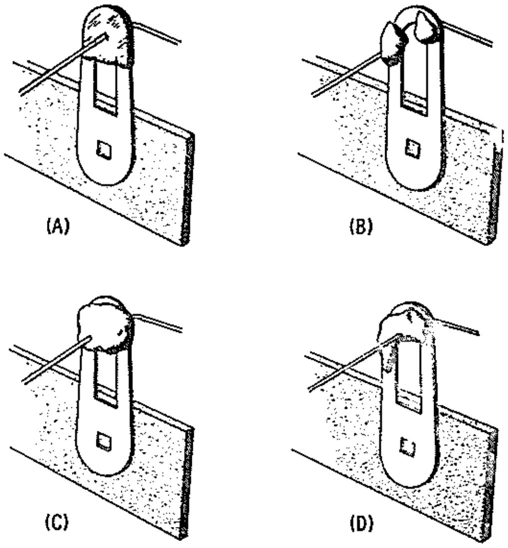


圖2—5・釬点比較，以(A)爲最佳

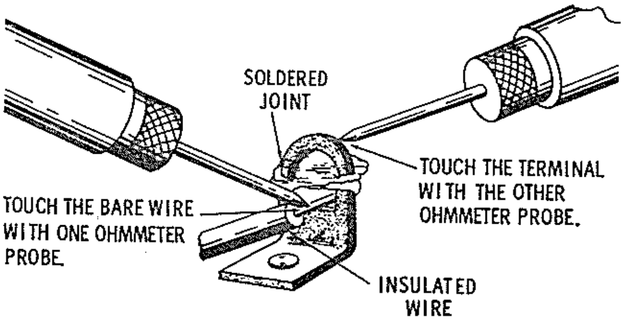


圖2—6・用歐表測驗釬点

5.　依照程序1—4，將兩條導綫釬接在釬耳内，如圖2—7所示。

6.　依照程序1—4，用長咀鉗作散熱器，將導綫釬接在釬耳内，如圖2—8所示・長咀鉗必要清潔以利散熱，鉗柄可用膠帶絆在固定位置上 以便双手能夠活動做釬接工作。當釬接另件時，長咀鉗散熱器接觸位置應以圖2—9A爲正確。

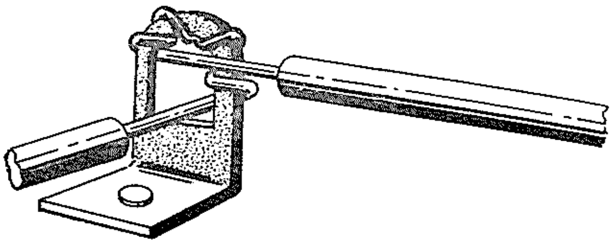


圖2—7・將兩條導綫釬接在釬耳内

7. 絞合綫上錫方法。依照圖2—10所示，選用一組合導綫，第一步將兩端絶緣皮剝開及刮光之；第二步將組合綫扭緊；第三步將釬條均勻熔在絞合綫上，使綫面光亮圓滑；其次依照程序1—4，將絞合綫釬接在釬耳内。

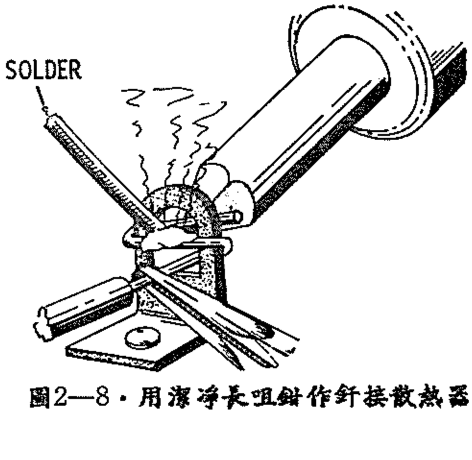


圖2—8・用潔淨長咀鉗作釬接散熱器

8. 兩綫絞合釬接法之一。依照圖2-11所示：第一步將兩導綫每端剝開一吋長及刮光之；第二步，依照矢向所示，將兩綫裸出部份用鉗扭緊之；其次將烙鉄觸在絞合綫一邊，將釬條觸在另一邊，直至釬條溶液在絞合部份空隙內流勻，並鋪上一層極薄光亮錫面，立即移去烙鉄，待冷却後方可移動，如圖2-13(A)所示。

9. 兩綫絞合釬接法之二．依照圖2-12所示：第一步將兩導綫每端剝開一吋長及刮光之；第二步將第一綫(黑綫)環繞在其他一綫(白綫)上；第三步依矢向所示，將其他一綫環繞在第一線上；其次將接点上錫，如2—13(B)圖所示。

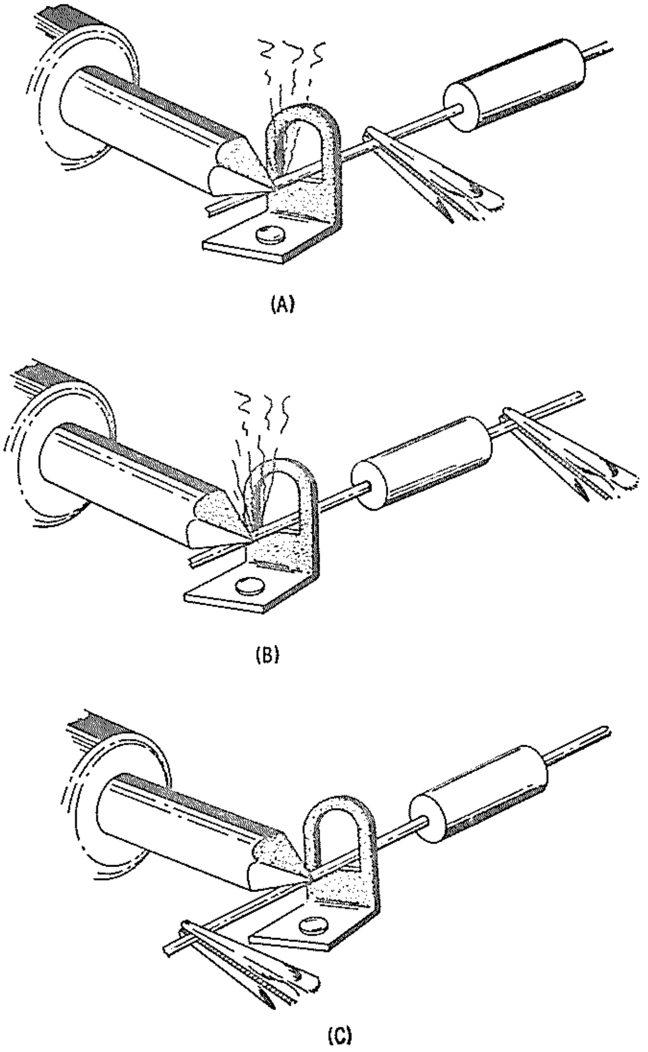


圖2—9．釬接另件時，以長咀鉗作散熱器之正確位置(A)

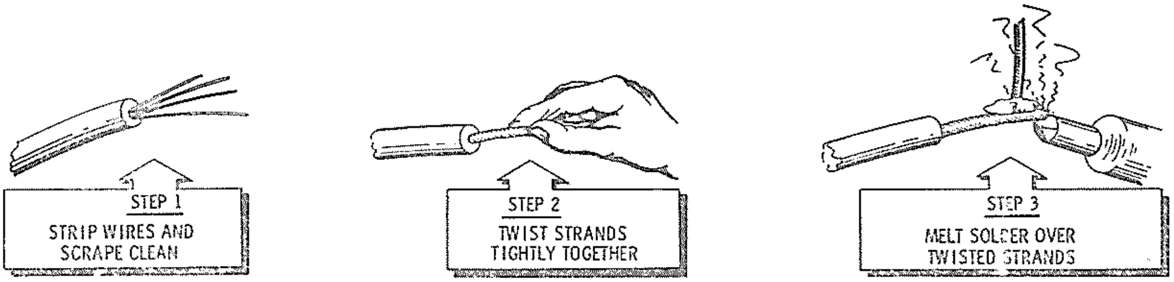


圖2—10．絞合線"上錫"方法

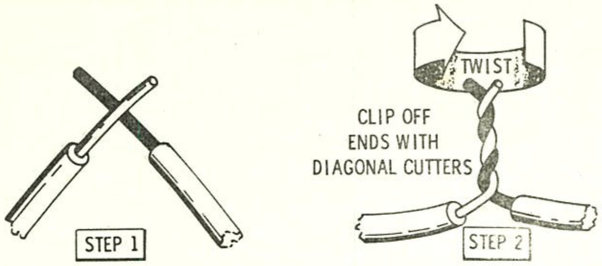


圖2—11・兩綫絞接第一種方法

10.　接点銲開方法・依照圖2-14所示：第一步將烙鉄觸在接点上，等待銲錫鎔解；第二步烙鉄依然觸在銲耳上，用長咀鉗將導綫由銲耳內解除之；第三步將接綫由銲耳內移開，並用尖錐清除錫碎。

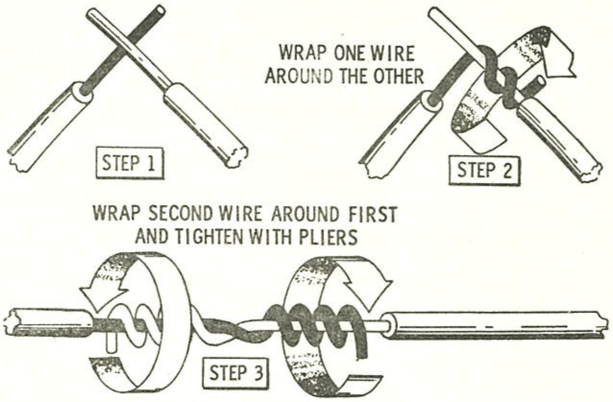
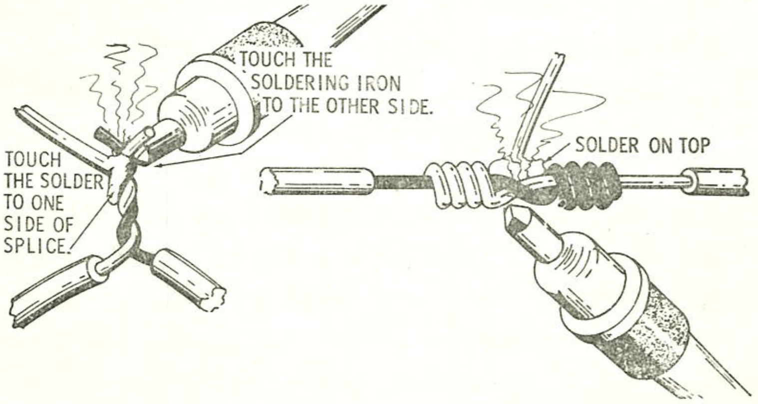
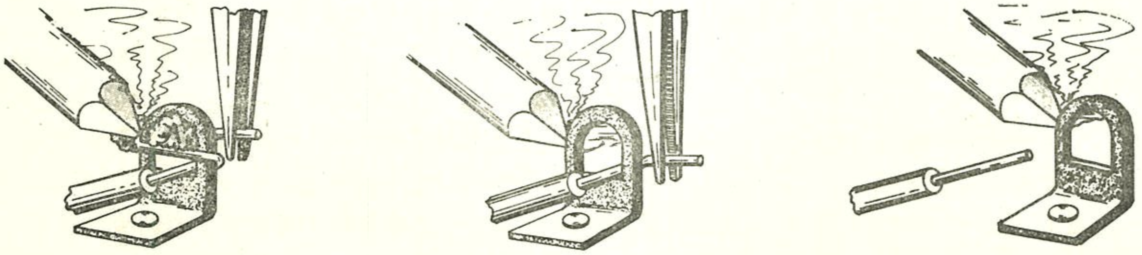


圖2—12・兩綫絞接第二種方法



(A)　　　　(B)

圖2—13・絞合線銲接方法



第一步　　第二步　　第三步

圖2—14・接点銲開程序

實驗 2——3 萬用電表之用法

目的：

1. 熟練萬用電表各控制器及試棒之用途。
2. 認識萬用電表度數盆之電壓及阻力讀數。

應用儀器：

1 RCA WV-38A 20000歐/伏萬用電表。
1 RCA WE-95A 20000歐/伏萬用電表動電示教板。
1 EICO 565 20000歐/伏萬用電表。
1 Heatkit M-1 1000歐/伏萬用電表。
4 1.5 伏電池。
1 9 伏電池。
10 電阻。

解釋：

萬用電表(Multimeter)或稱伏—歐—毫安表(Volt-Ohm-Milliammeter, VOM)，係在電子工程上用以測量電壓，電流及阻力之基本儀器，其結構係將伏表，歐表及毫安表(或微安表)混合裝在一個金屬或膠木小箱內，控制面板上裝有功用開關，範圍開關，零位調節器，歐姆調節器及一共用度數盆，如圖 2—18，2—19 及 圖 2—20 所示。圖 2—21 則為RCA WE-95A 型萬用電表動電示教板。

萬用電表之心臟，係一個直流毫安表或微安表(Milliammeter or Microammeter)。若用50微安表時，當50微安電流通過電表，指針即擺在滿度位置讀數上。當測量各範圍直流時，可用範圍開關接上所需分流電阻(Shunt Resistor)以控制之。當測量各範圍電壓時，係用範圍開關電壓組接上所需倍增電阻(Multiplier Resistors)以控制之。當測量阻力時，則用範圍開關之阻力組接上所需串連及並連電阻以控制之。

萬用電表之價值係與靈敏度成正比例，靈敏度係以歐/伏(Ohms Per Volt)代表之。1000歐/伏萬用電表之滿度電流為 1 毫安；20000歐/伏萬用電表之滿度電流則為 50 微安。在測量上，以20000歐/伏表較為靈敏準確。至于測量晶體管低電流工作電路，可改用電子伏表——真空管伏表(Vacuum Tube Voltmeter, VTVM)及晶體管伏表(Transistor Voltmeter)。

圖2—18為RCA WV-38A 萬用電表，其結構及功用與圖2—21之動電示教板完全相同，裝在控制面板(Control Panel)上部之度盆(Meter Scales)刻有五行讀數，如圖2—22所示：A 為測量阻力讀數；B 為測量直流電壓及直流電流各範圍之讀數；C為測量交流電壓各範圍之讀數；D 係專作測量交流電壓 0-2.5V 之讀數；E 為測量分貝(DB)之讀數。控制面板之下部左上角裝有功用開關(Function Switch)，作為選擇測量(—DC)，(+DC)

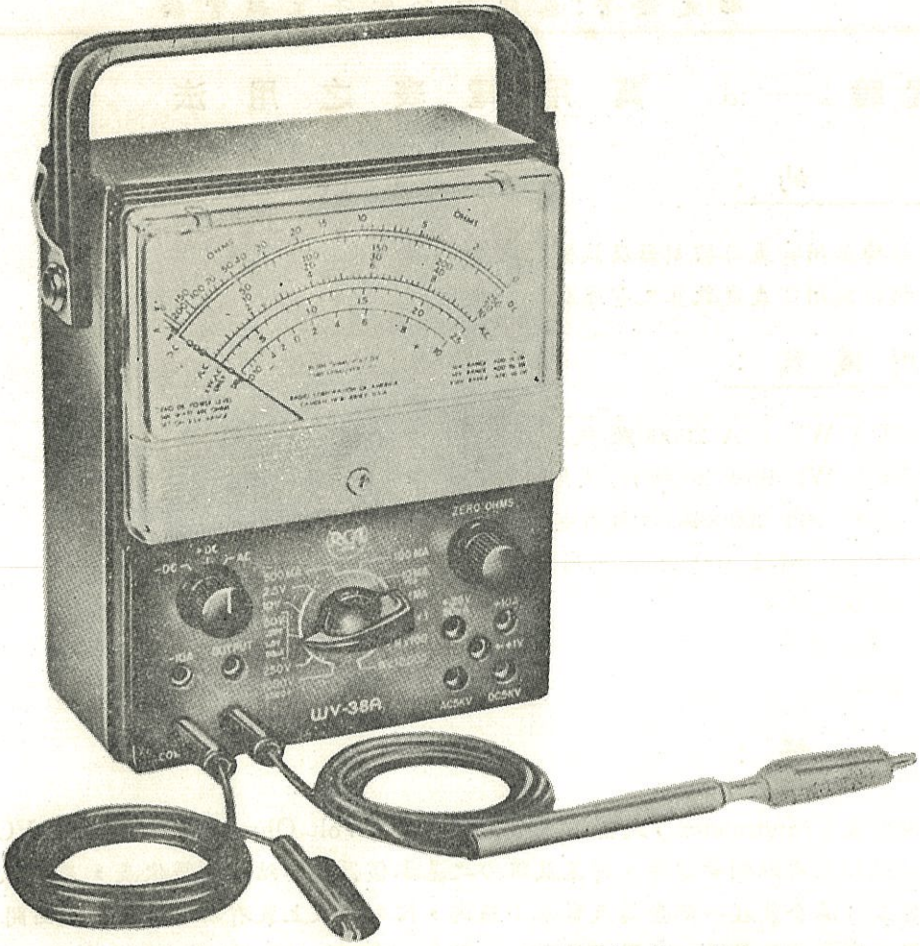


圖 2—18. RCA WV-38A 型，20000歐/伏萬用電表。

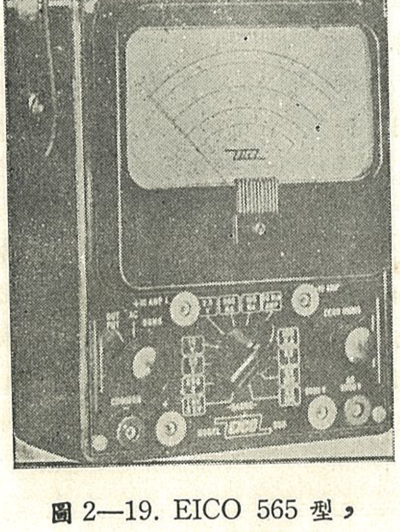


圖 2—19. EICO 565 型，
20000歐/伏萬用電表。

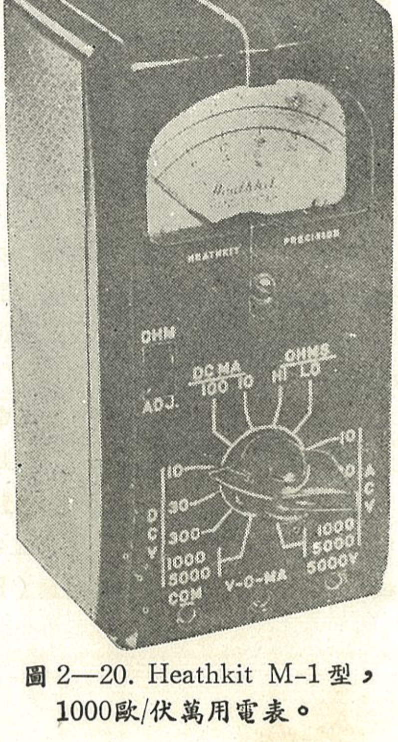


圖 2—20. Heathkit M-1 型，
1000歐/伏萬用電表。

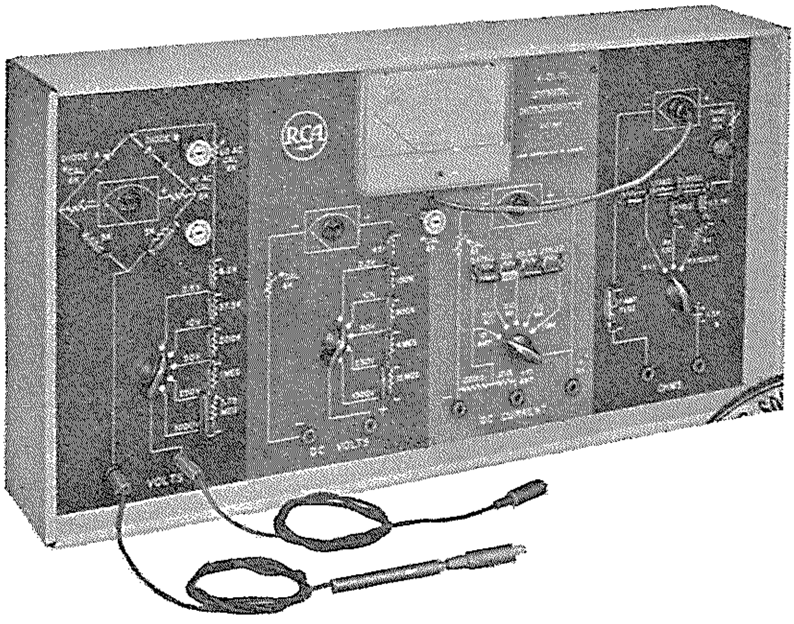


圖 2—21. RCA WE-95A 型，20000歐/伏萬用電表動電示教板。

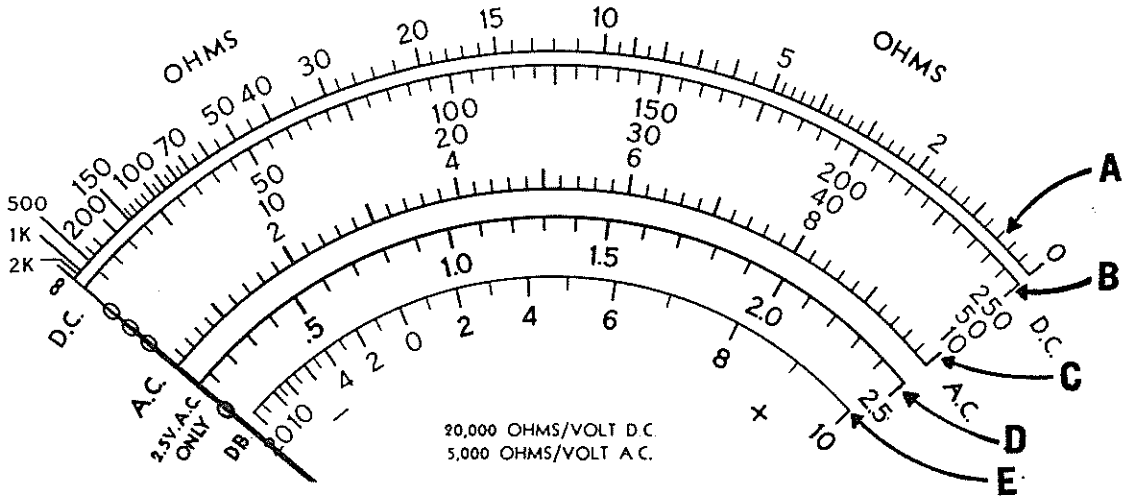


圖 2—22. RCA WV-38A 型，20000歐/伏萬用電表度數盆。

及（AC）之用途；中央爲範圍開關（Range Switch），具有 12 個位置，用以選擇測量各項電壓，電流及阻力之範圍；右上角則爲零歐之調節器；下方則裝有 9 個試棒插口。

使用萬用電表時必須依照下列正當方法，始可保持其準確性，及可延長其壽命：

1. 當用作測量電流及電壓時，開始先選用最大範圍，然後逐步將範圍旋低，直至適用爲止，如此可免除電表因受過載以致損壞之危險。

2. 當電表指針擺在該範圍之電流或電壓讀數之上半部時，可獲得最高準確度。

3. 測量電壓時，欲獲得最大準確度，及最小電路加載作用，必須選擇一伏表範圍，使總伏表阻力（等于每伏歐數乘以滿度伏數）最低限度要大于待測電路阻力10倍。

4. 測量阻力時，在可能範圍內，要選擇全部阻力讀數在度盆之中間部份。

5. 當測量電流時，先將電源開路，將電表與待測電路串連，接妥後將電源閉合，記錄其讀數，再將電源開路，然後移開電表接線。

6. 測量直流前，要認明電路之極向，紅試棒接至待測電路之正端，黑試棒接至負端。測量交流，則無須認明極向。

7. 測量電路之電阻時，先將電源開路，否則，跨過電阻之電壓可能將電表損害。

8. 歐表之電池要常換新，以保證阻力度盆準確性及免除電解質滲出在電表內。

9. 當變換一新阻力範圍時，要將試棒臨時短路，再旋零位歐校準器。

10. 先要認明待測電源之性質，然後旋動功用開關至AC或DC位置上。若待測交流電壓混合有一直流成份，可將功用開關扳至輸出表（Output Meter）位置，在表內即有一隔斷容電器與輸入引線串連，以保護整流器及電表。若電表無輸出（Output）功用開關或插口，必須另用一個 0.1–1 微法/600伏容電器與紅試棒串連。由于此容電器之容抗影响，電表所得讀數常低于真確電壓數值。此偏差程度乃依照工作頻率而定，頻率愈低，則偏差愈大。用完輸出（Output）功用後，不論用外接或內接隔斷容電器，必須立即將兩試棒短路，以便將容電器放電。

11. 在全部測量中，可用手握在試棒之接近引線端，手指切勿觸在金屬探針端，如此可在測電壓及測電流時，避免人體被電震危險，同時免除在測量阻力時受人體阻力分流之錯誤。

12. 應用電表前，先要旋零位螺旋，使指針永遠與度盆零位正確吻合。

13. 當電表不用時，將試棒移開，扳範圍開關至最高直流電壓位置，切勿將電表放在阻力範圍上。

14. 小心保護電表，排除塵埃，潮濕，蒸氣，烟火及高熱所侵害。

15. 當搬運電表時，扳至電流範圍某一位置上，使低阻分流器與電表並連，以衰減電表運動及避免指針過量擺動，以保護動圈裝置。

16. 切勿將選擇開關旋在任何電流及阻力範圍位置上以測量電壓，否則，電表立即燒毀。

實驗程序：

在實驗前，先由教員用 RCA WE–95A 萬用電表動電示教板作一示範指導，然後依照下列程序從事實驗：

第一步測量阻力

1. 未開始測量前，先將電表小心檢查，將電表正面板所裝之度盆及各控制器繪圖，及說明各控制器之功用。

2. 若指針不擺正在度盆左端零位上，可先調節表面之螺旋校正之。

3. 扳功用開關（Function Switch）至（＋DC）位置。

4. 扳範圍開關至所需位置上。

5. 將紅試棒插入控制面板"+"插口內。將黑試棒插入"Common"插口。

6. 將試棒短路，調節零歐（Zero Ohms）控制器直至指針擺正在歐度盆右端"0"位上（即順時針滿度）。

7. 將試棒跨接在待測電阻兩端，用手握在試棒絕緣柄上，如圖 2—22(B)所示，切勿握在金屬棒上，如圖2—22(A)所示，以避免人體阻力介入電路內。

8. 旋範圍開關，使指針將待測電阻讀數指在歐度盆中間部份(因中間部份接近線性)。

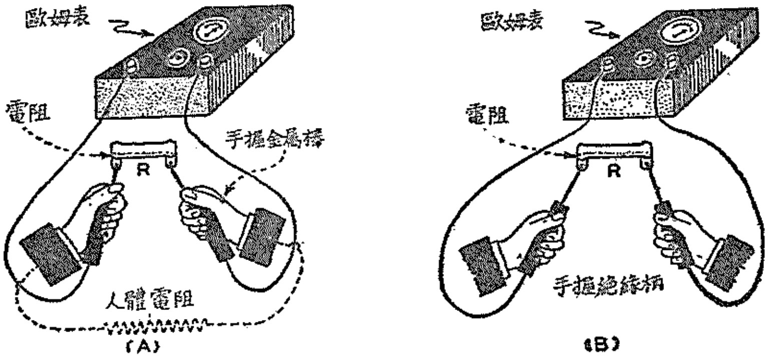


圖 2—22. 手握歐表試棒之方法：（A）錯誤，（B）正確。

阻力度盆讀數計算表

待測阻力	旋範圍開關至	度盆讀數 (圖 2—22)	將讀數乘以
.2至100歐	RX1	A	1
100至10K	RX100	A	100
10K至無限大	RX10,000	A	10,000

9. 將度盆讀數，乘以範圍倍數，並可得到待測電阻真確之數值。

10. 將各待測電阻之讀數用表格記錄之，並以電阻本身之色符數值比較之。

第二步測量直流電壓

1. 扳功用開關至所需（+DC）或（−DC）位置。

2. 旋範圍開關至高過待測電壓之位置。

3. 將黑試棒插入控制面板之"Common"插口內。

4. 當用 2.5V, 10V, 50V, 250V 或 1000V 範圍時，可將紅試棒插入"+"插口內。

5. 用手握在試棒絕緣柄，將紅試棒觸在電源之正極上，黑試棒則觸在電源之負極上，如圖 2—23 所示。但當測量較高電壓時，爲避免電震危險，可先將黑試棒夾在電源負極上，然後單手握紅試棒觸在正極上。

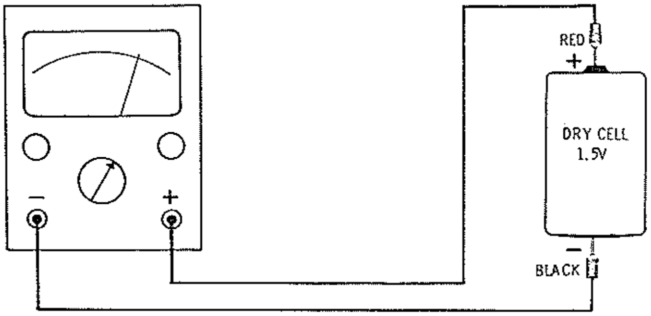


圖 2—23. 測量直流電壓之方法。

6. 再將範圍開關旋至最適當位置上——即係使指針擺在度盆70%—95%位置內，可獲得較準確數值，如圖 2—24 所示。

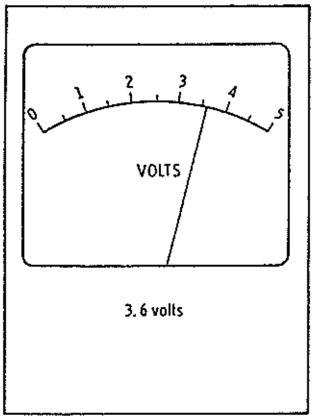


圖 2—24. 用 5V 範圍測量 3.6V 電壓。

7. 將每一範圍之相對度盆讀數記錄之。每次變換電壓範圍開關時，先要將紅試棒移開電源。

8. 當用 0.25V 範圍時，旋範圍開關至 "0.25" 位置，將紅試棒移至 "+0.25V/50μA" 插口內。

9. 當用 1V 範圍時，旋範圍開關至 "1V" 位置，將紅試棒移至 "+1V" 插口內。

10. 當用5000V範圍時，旋範圍開關至 5000V 位置，將紅試棒移至 "DC5KV" 插口內。

直流電壓度盆之讀數計算表

待測電流電壓	旋範圍開關至	度盆讀數(看圖2—22)	將讀數乘以
0—2.5V	2.5V	B(用0—250度數)	.01
2.5—10V	10V	B(用0— 10度數)	
10—50V	50V	B(用0— 50度數)	
50—250V	250V	B(用0—250度數)	
250—1000V	1000V	B(用0— 10度數)	100

第三步測量交流電壓

1. 扳功用開關至“AC”位置。
2. 依照第二步第2至第7程序，測量各範圍之交流電壓，紅黑試棒無須認明極向。
3. 當用5000V範圍時，旋範圍開關至5000V位置，將紅試棒移至“AC5KV”插口內。

交流電壓度盆之讀數計算表

待測交流電壓	旋範圍開關至	度盆讀數(看圖2—22)	將讀數乘以
0—2.5V	2.5V	D	
2.5—10V	10V	C（用0—10度數）	
10—50V	50V	C（用0—50度數）	
50—250V	250V	C（用0—250度數）	
250—1000V	1000V	C（用0—10度數）	100

第四步測量直流電流

1. 扳功用開關至所需“+DC”或“—DC”位置。
2. 旋範圍開關至高過待測電流之位置上。
3. 除10A範圍外，對全部測量範圍，可將黑試棒插入“Common”插口內。
4. 除10A及50μA外，對全部測量範圍，可將紅試棒插入“+”插口內。
5. 認明電流方向，將試棒與待測電路串連。
6. 再將範圍開關旋至指針擺在度盆70%—95%讀數位置上。
7. 將每一範圍之相對度盆讀數記錄之。
8. 當選用50μA時，可將開關旋至“50μA”位置，及將功用開關扳在“+DC”。紅試棒插入“+.25V/50μA”插口內。
9. 當用10AMP範圍時，將黑試棒插入“−10A”插口內，紅試棒插入“+10A”插口內。扳功用開關至“+DC”位置，旋範圍開關至10A位置。

直流電流度盆之讀數計算表

待測直流電流	旋範圍開關至	度盆讀數(看圖2—22)	將讀數乘以
0—1MA	1 MA	B（用0—10度數）	.1
1MA—10MA	10 MA	B（用0—10度數）	
10MA—100MA	100MA	B（用0—10度數）	10
100MA—500MA	500MA	B（用0—50度數）	10
500MA—10AMP	10AMP	B（用0—10度數）	

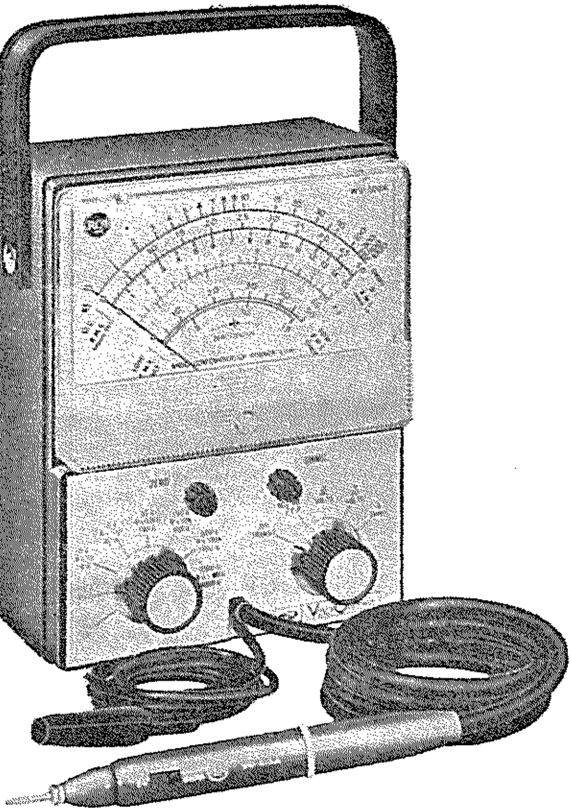


圖 2—26. RCA WV-500A型晶體管伏表

圖 2—27. RCA WV-77型真空管伏表

圖 2—28. Leader LV-76A型真空管伏表

當功用開關扳在“Ohm”位置上，電表指針立即擺向阻力度盆右端“∞”位置上，若有偏歪，可旋歐調節器以校正之；其次將試棒短路，旋零位調節器，使指針擺在“0”位上（試棒切勿短路過久，以免消耗電池能量）。

圖 2—29 爲 RCA WV-77E 型真空管伏表之度數盆，測量電壓之度數爲線性，阻力度盆則爲非綫性。現將各範圍度盆之讀數計算法，表列于下：

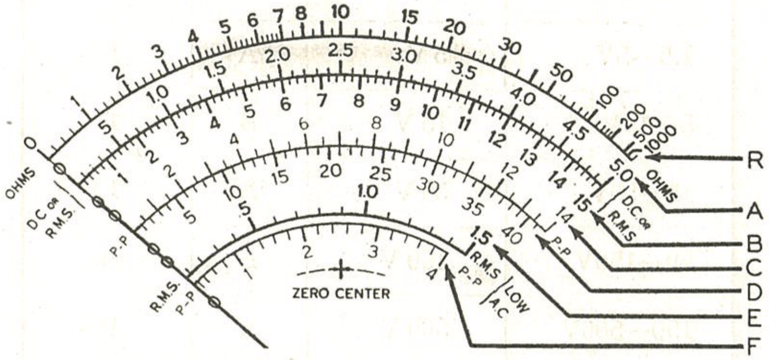


圖 2—29. RCA WV-77E型真空管伏表度數盆

阻力測量計算表

待測阻力	旋範圍開關至	度數盆	將讀數乘以
0.2—1000歐	RX1	R	1
1000—10000歐	RX10	R	10
10000—100000歐	RX100	R	100
100000－1兆歐	RX1000	R	1000
1兆歐—10兆歐	RX10K	R	10000
10兆歐—100兆歐	RX100K	R	100000
100兆歐—1000兆歐	RX1MEG	R	1MEG

直流電壓測量計算表

待測電壓	旋範圍開關至	度數盆	將讀數乘以
0.02—1.5V	1.5V	B	0.1
1.5V—5V	5V	A	1
5—15V	15V	B	1
15—50V	50V	A	10
50—150V	150V	B	10
150—500V	500V	A	100
500—1500V	1500V	B	100

交流有效值(RMS)電壓測量計算表

待測有效值電壓	旋範圍開關至	度數盆	將讀數乘以
0.1—1.5V	1.5 V	E	1
1.5—5V	5 V	A	1
5—15V	15 V	B	1
15—50V	50 V	A	10
50—150V	150 V	B	10
150—500V	500 V	A	100
500—1500V	1500 V	B	100

交流峯至峯值(P-P)電壓測量計算表

待測峯至峯電壓	旋範圍開關至	度數盆	將讀數乘以
0.2—4 V	4 V	F	1
4—14 V	14 V	C	1
14—40 V	40 V	D	1
40—140 V	140 V	C	10
140—400 V	400 V	D	10
400—1400 V	1400 V	C	100
1400—4000 V	4000 V	D	100

實驗程序：

第一步電壓零位調節

1. 小心將真空管伏表檢查，將表面各控制器及度數盆繪圖，說明各控制器之功用，並用表列出各範圍度數盆之計算法。

2. 將電源線插上，將電源開關閉合，扳功用開關至（ +DC ）。旋範圍開關至 1.5V 位置，經 5 分鐘溫暖後，將直流試棒短路，旋零位調節器（ Zero Adjuster ），使指針擺正在 "0" 位上，旋範圍開關至每一位置上，注意指針是否依然停留在 "0" 上？

3. 將功用開關扳至（ AC ），校正每一範圍之 "0" 位。

4. 調節 "0" 位妥當後，即將試棒短路移開。

5. 將範圍開關旋至 RX1，將功用開關扳至（ R ）或（ Ω ）位置，電表指針即擺向阻力度盆右端 "∞" 位上，若有偏歪，旋歐調節器（ Ohms Adjuster ）校正之。

6. 將試棒短路，旋零位調節器，使指針擺正在阻力度盆左端 "0" 位上。試棒不可短路過久，以免消耗電池能量。

7. 將功用開關扳至（ +DC ）。

第二步測量阻力

1. 將功用開關扳至（ R ）或（ Ω ）位置。
2. 將範圍開關旋至高過待測電阻數值之位置。
3. 調節阻力度盆之零位及無限大位。
4. 將試棒跨接電阻兩端測量之（切勿用手觸及電阻兩端）。
5. 將每一電阻之數值與電阻本身之色符校核之。

第三步測量直流電壓

1. 將功用開關扳在（ +DC ）位置。
2. 將範圍開關旋至高過待測電壓之位置上。
3. 將黑試棒夾在電源負極，單手握紅試棒觸在電源正極。
4. 再將範圍開關旋至適當位置，則使指針擺在度盆70%—95%範圍內。
5. 將每一範圍之相對度盆之讀數記錄之。每次變換電壓範圍開關時，先要將紅試棒移開電源。
6. 將功用開關扳至（ −DC ）位置，將黑試棒夾在電源正極上，單手握紅試棒觸在電源負極上。
7. 將（ +DC ）及（ −DC ）之測量電壓記錄比較之。

第四步測量交流電壓

1. 將功用開關扳在（ AC ）位置。
2. 將範圍開關旋在高過待測交流電壓位置。
3. 將黑試棒夾在交流電源一端，單手握紅試棒觸在交流電源另一端(交流無方向性)。
4. 再將範圍開關旋至最適當位置上。
5. 將每一交流電壓範圍之相對度盆有效值及峯對峯值之讀數記錄之。

將以上全部記錄，作一實驗報告書。

實驗 2——5　歐　姆　定　律

目　　的：

用實驗証明歐姆定律。

應用儀器：

1　20,000歐/伏萬用電表。
1　真空管伏表。
1　東南基本實驗板No. 2–A。

解　　釋：

歐姆定律（Ohm's Law）係研究電子工程學之基礎；在1826年德國科學家佐治西門歐姆氏（George Simon Ohm）發表他的實驗結果：証明在一直流電路內之電流強度I（單位安），係等于跨過電路之電壓E（單位伏），除以電路之阻力R（單位歐）。若用公式表示，歐姆定律可寫成：

$$I(\text{安}) = \frac{E(\text{伏})}{R(\text{歐})}$$

$$\text{或：} R(\text{歐}) = \frac{E(\text{伏})}{I(\text{安})}$$

$$\text{或：} E(\text{伏}) = I(\text{安}) \times R(\text{歐})$$

在圖2—30之直流電路內，當阻力保持常數時，電流係與輸入電壓成正比例線性變化，如圖2—31所示；若跨過電路電壓保持常數，電流則與阻力成反比例非線性變化，如圖2—32所示；若通過電路電流保持常數，跨過電路之電壓則與阻力成正比例線性變化，如圖2—33所示。

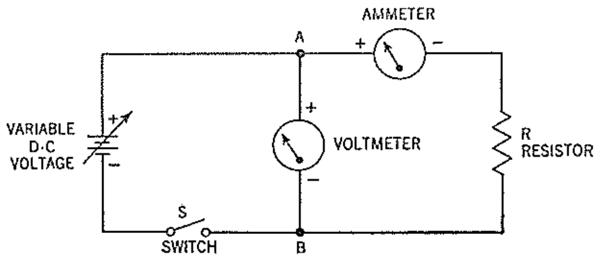


圖 2—30. 研究歐姆定律之基本電路。

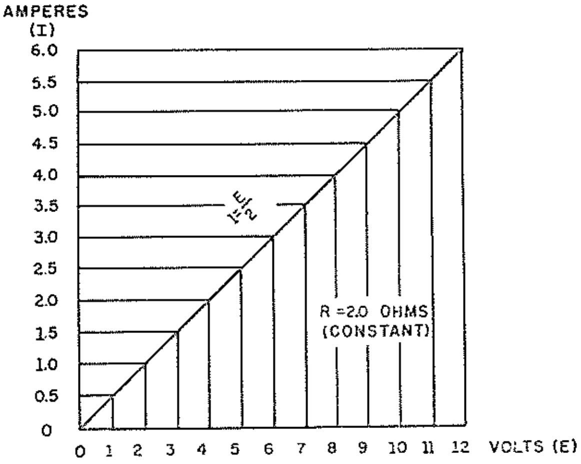


圖 2—31. 在一固定阻力電路內，電流與電壓成線性變化。

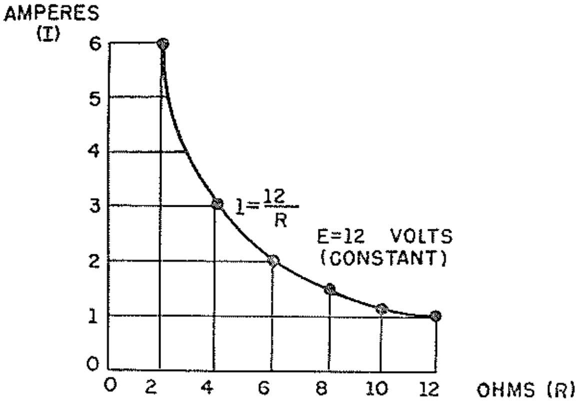


圖2—32.在固定輸入電壓電路內，電流與阻力成非線性變化。

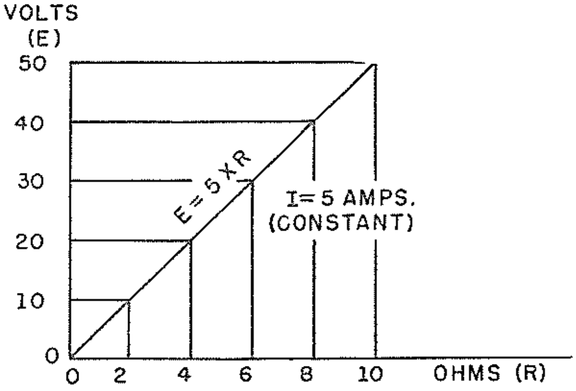


圖 2—33. 在固定電流電路內，電壓與阻力成線性變化。

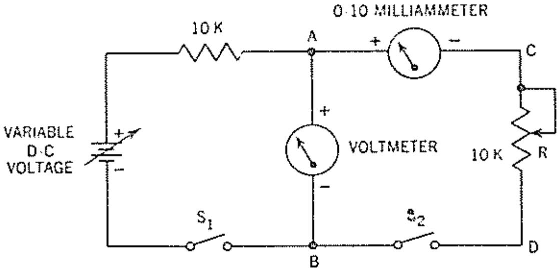


圖 2—34. 東南基本實驗板No. 2–A電路。

實驗程序：

第一步電路阻力等于2000歐

1. 先將東南基本實驗板No. 2–A之電路（如圖2—34所示）研究清楚。

2. 將開關S_1及S_2扳在開路位置。

3. 用歐表跨接可變電阻R之C–D兩點間，調節R直至歐表指在2,000歐讀數上。

4. 移開歐表，將S_1及S_2扳在閉路位置。

5. 調節直流電壓，使直流伏表指在6伏讀數上。將電流表指出之毫安讀數變換爲安，記錄在附表2—1內6伏項下，並用公式R=E/I求出R之數值，列入附表內（例如輸入電壓爲6伏，電流爲0.003安，則R=E/I=6/.003=2,000歐，將此數值記入6伏項下「E/I=」空格內）。

6. 依照程序5方法，分別調節直流電壓至8伏，10伏，12伏及14伏，將每次電流表指出之毫安讀數變換爲安，記錄在附表2—1內每一電壓項下，並用公式R=E/I求出R之值。

7. 分別將電壓調節至9伏及18伏，將相對測量電流及計算電流值分別列入附表2—1“公式測驗”項下。

第二步電路阻力等于4000歐

8. 將開關S_1及S_2開路，將歐表跨接R間，調節R，使歐表指在4,000歐讀數上。

9. 將歐表移開，將S_1及S_2閉路。

10. 依照程序5方法，分次調節直流電壓至8伏，12伏，16伏，20伏及24伏。將每次測量電流記入每一相對電壓項下，並求出E/I之值。

11. 分別將電壓調節至10伏及30伏，將相對測量電流及計算電流值分別列入附表2—1“公式測驗”項下。

第三步電路阻力等于6000歐

12. 將開關S_1及S_2開路，將歐表跨接R間，調節R，使歐表指在6,000歐讀數上。

13. 移開歐表，將S_1及S_2閉路。

14. 依照程序5方法，分次調節直流電壓至12伏，18伏，24伏，30伏及36伏，將每次測量電流數值記錄在附表2—1之相對電壓項下，並求出E/I之值。

15.　分別將電壓調節至15伏及42伏，將相對測量電流及計算電流值分別列入附表 2—1 "公式測驗"項下。

第四步電路阻力等于8000歐

16.　將開關S_1及S_2開路，將歐表跨接R間，調節R，使歐表指在8,000歐。

17.　將歐表移開，將S_1及S_2閉路。

18.　依照程序 5 方法，分次調節直流電源至16伏，20伏，24伏，28伏及32伏。將每次測量電流數值記錄在附表2—1之相對電壓項下，並求出E/I之值。

19.　分別調節電壓至 22 伏及40伏，將相對測量電流及計算電流值分別列入附表 2—1 "公式測驗"項下。

第五步繪出電流對電壓之互變曲線

20.　依照圖2—31所示，以X軸代表電壓，以Y軸代表電流，將附表2—1 每項固定阻力項下之電流及電壓之相對數值，繪製電流對電壓互變曲線組，在每一曲線旁註明固定阻力R之數值。

附　表 2—1

R	2,000歐					E, I 及 R 之公式關係	公式測驗		
E (伏)	6	8	10	12	14	當R=2,000	E	9	18
I (安)						E/I=	I 測量		
E/I						$I = \frac{E}{\quad}$	I 計算		
R	4,000歐					E, I 及 R 之公式關係	公式測驗		
E (伏)	8	12	16	20	24	當R=4,000	E	10	30
I (安)						E/I=	I 測量		
E/I						$I = \frac{E}{\quad}$	I 計算		
R	6,000歐					E, I 及 R 之公式關係	公式測驗		
E (伏)	12	18	24	30	36	當R=6,000	E	15	42
I (安)						E/I=	I 測量		
E/I						$I = \frac{E}{\quad}$	I 計算		
R	8,000歐					E, I 及 R 之公式關係	公式測驗		
E (伏)	16	20	24	28	32	當R=8,000	E	22	40
I (安)						E/I=	I 測量		
E/I						$I = \frac{E}{\quad}$	I 計算		

實驗 2——6　串連電路之特性

目　　的：

1. 用實驗測出電阻串連電路之總阻數值。
2. 認識串連電路之特性。

應用儀器：

1　直流電能供給。
1　真空管伏表。
1　東南基本實驗板No. 2-B。

解　　釋：

在一般電子電路內，常用若干電阻接成串連，或並連，或串—並連，或複連，以控制通過電路之電流。在圖2—30之電路中，電阻R係跨接在電壓E間，若E及R之數值已知，則可依歐姆定律I＝E/R求出電流之值。若用二電阻，或三電阻，或四電阻，或五電阻，或多個電阻串連跨接在輸入電壓E之間，如圖2—35所示，則總阻力R_T：

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

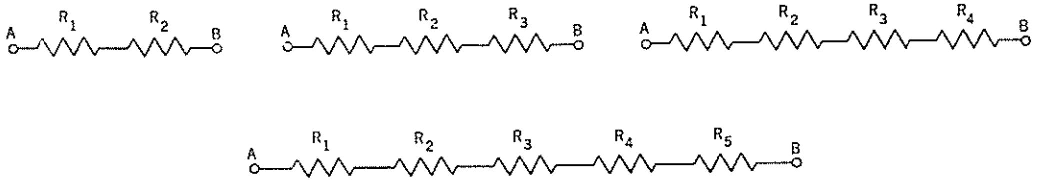


圖 2—35. 電阻串連電路，電壓輸入于電路A–B間。

在串連電路內，總阻力等于各阻力之和，總電流等于通過每一電阻電流（$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \cdots\cdots$），跨過每一電阻之電壓降之和等于輸入電壓（$E_T = E_1 + E_2 + E_3 + \cdots\cdots$）。

實驗程序：

第一方法：用歐表測量串連電阻之總阻 R_T

1. 用歐表測量各電阻之阻值，並記錄在附表2—2內。

附　表 2—2

標明阻值（歐）	330	470	1,200	2,200	3,300	4,700
測量阻值（歐）						

2. 依照圖2—35及附表2—3所示，將各電阻依連接次序串連，用歐表測量 A–B 間總阻R_T之值，並記錄在附表2—3內。

附　表 2—3

連接	標明阻值（歐）					R_T（歐）	計算數值	R_T 之公式
	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	測量數值	$R_1+R_2+\cdots\cdots$	
1	330	1,200						
2	1,200	2,200						
3	3,300	4,700						
4	330	470	1,200					
5	1,200	2,200	3,300					
6	330	470	1,200	2,200				
7	330	470	1,200	2,200	3,300			
適用公式 $R_T=$								

3. 求出附表2—2各電阻測量數值之和，列入附表 2—3"計算數值$R_1+R_2+\cdots\cdots$"項下。

4. 在附表 2—3 最後一項內，填上各串連電阻之總阻 R_T 之公式，例如測量 $R_1=300$ 歐，$R_2=450$歐，及$R_T=750$歐，則

$$R_T=R_1+R_2$$

5. 用任意數目之串連電阻，填入附表2—3內之（適用公式$R_T=$）項內。

第二方法：用毫安表及伏表測量串連電阻之總阻

6. 先將圖2—36之電路研究清楚，將開關 S_1 開路，調節電能供給E=10伏。依照附表 2—3 連接(1)，將R_1及R_2串連，接入A–B間。

7. 將S_1閉合，將10伏電壓數值記錄在附表 2—4 輸入電壓E項下。將測量電流數值記錄在測量電流I項下。

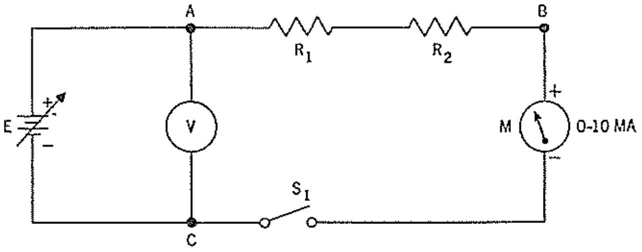


圖 2—36. 東南基本實驗板 No. 2–B。

8. 將S_1開路，依次將A–B間之串連電阻由連接(1)更換至(2)，(3)，(4)，(5)，(6)及(7)。將每次測量電流數值記錄在附表 2—4 內。每次測量要將輸入電壓E保留在10伏讀數上。

9. 採用附表 2—4 所記錄之 I 及 E 測量數值，求出每次連接之總阻 R_T 之值，列入 $R_T=E/I$項下。

10. 將附表 2—3 "計算數值 R_1+R_2+……" 項下各連接之數值，記錄在附表 2—4 之相對應項內。

附 表 2—4

連接	輸入電壓 E 伏	測量電流 I 安	$R_T=\frac{E}{I}$	計算數值 R_1+R_2+……(歐)	R_T 之公式
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
通用公式 $R_T=$					

11. 在附表 2—4 最後一項內，填上R_T之公式，各串連電阻用 R_1, R_2, R_3 等代表之。

討　　論：

1. 說明兩種測量方法，以求出串連電阻之總阻R_T。

2. 在本實驗所用之電阻，何以需要個別測量其阻力？

3. 根據附表 2—2，2—3 及 2—4 之測量結果，証明串連電阻之總阻通用公式$R_T=R_1+R_2+R_3+$……，試說明其理。

4. (a) 研究一科學定律，何以需要較高級之精密儀器？
   (b) 什麼是伏表及歐表之準確度？

5. (a) 在附表2—3中，如何將R_T用歐表測量數值與R_T計算數值比較之？
   (b) 在附表2—4中，如何將R_T用伏—安表方法測出數值，與R_T計算數值比較之？

6. 若將附表2—3連接4項內之電阻R_1，R_2 及 R_3串連位置變換時（參考圖2—35），對于總阻有何效應？

7. 用汝自己文字，寫出串連電阻R_1，R_2，R_3……之通用總阻R_T公式。

實驗 2——7　並連電路之特性

目　　的：

1. 用實驗決定在一電阻並連電路內之總電流 I_T 係：
   (a) 大于任一分路之電流。
   (b) 等于每一並連分路電流之和。
2. 用實驗証明並連電阻之總阻力R_T係由下列公式求出：

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots$$

3. 設計一簡單並連電路，以適應所需用途。

應用儀器：

1 調節式可變直流電能供給。
1 真空管伏表。
1 東南基本實驗板No. 2–C。

解　　釋：

在一並連電路內之分流及總流

當一串連電路閉路時，即有電流通過，當開路時電流立即停止， 同時在串連電路內，通過任何位置之電流均相等；以上係串連電路之特性，然則一並連電路之特性又如何？

圖2—37係東南基本實驗板 No. 2–C 之電路，三電阻R_1，R_2及R_3係並連跨接于輸入電壓E之間。電流表I_1，I_2及I_3 用以測量每一分路電流，電流表 I_T則用以測量電路之總電流。當三分路同時閉路時，電路總電流最大，等于三分流之和。若R_3移開時，只有兩分流通過 R_1 及 R_2，總電流即減少，而等于該兩分流之和。若將R_2移開，只有電流通過R_1，總電再減少，及等于通過R_1之電流。由此可以証明在一並連電路，總電流等于各分流之和，可用下式表示之：

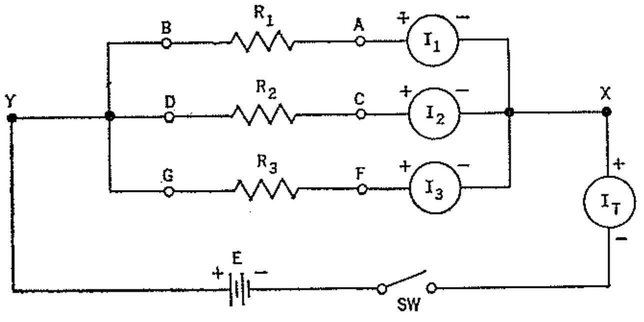


圖 2—37. 東南基本實驗板 No. 2–C 之電路。

$$I_T=I_1+I_2+I_3\cdots\cdots(6—1)$$

在一並連電路內之總阻力

在圖 2—37 中，當電壓E輸入並連電路X–Y間，總電阻 R_T所限制通過電路之總電流數值等于I_T。將開關 SW 開路，用歐表跨過X–Y間，並可測量R_T之數值。或將開關 SW 閉路，用測量電流 I_T 及測量電壓E，亦可計出 $R_T=E/I_T$之值。

在一並連電路中，總電流I_T必定大于任何分路之分流，根據歐姆定律，故總電阻必定小于最小分路阻力。在圖2—37中，各接線之阻力等于零，故B, D及G接點與Y點相同，A, C及F點亦與X點相同。當測量跨過R_1, R_2 及 R_3之電壓時，可用伏表跨接在X–Y間。因此，跨過 R_1, R_2 及 R_3 電壓係相同，而等于輸入電壓E，亦即表示在並連電路內，跨過每一分路之電壓均相同，至于通過每一分路之分流，可用以下公式求出之：

$$\left.\begin{aligned} I_1 &= \frac{E}{R_1} \\ I_2 &= \frac{E}{R_2} \\ I_3 &= \frac{E}{R_3} \end{aligned}\right\} \qquad (6—2)$$

現將公式(6—2)代入公式(6—1)可得：

$$\begin{aligned} I_T &= \frac{E}{R_1}+\frac{E}{R_2}+\frac{E}{R_3}+\cdots\cdots \\ &= E\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots\right) \end{aligned} \qquad (6—3)$$

由于 $R_T=\frac{E}{I_T}$，代入(6—3)式可得：

$$R_T=\frac{E}{E\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots\right)} \qquad (6—4)$$

將(6—4)式簡化，可得：

$$R_T=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots} \qquad (6—5)$$

或 $$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\cdots\cdots \qquad (6—6)$$

實驗程序：

1. 將圖2—37電路研究清楚，先將開關SW開路，將各電阻移開，分別用歐表測量其數值，記錄在附表2—5內。

附　表 2—5

標明數值(歐)	2,200	3,300	4,700	5,600	10,000
測量數值(歐)					

2. 選用附表2－6連接(1)之電阻，接回並連電路內，調節輸入電壓在10伏上。

3. 將開關SW閉路，測量總電流 I_T 數值，記錄在附表 2—6 內。同樣測量在 R_1 電流 I_1，在 R_2 電流 I_2 及在 R_3 電流 I_3，並記錄之。將 I_1, I_2 及 I_3 加上之總電流 I_T 計算及記錄之。將 E 及 I_T 之測量數值代入計出 $R_T=E/I_T$，記錄在附表 2—6 內。

4. 將 R_1 移開，測量 I_T, I_2 及 I_3，將 R_T 及 I_T 計算記錄在附表 2—6 內。

附 表 2—6

連接	程序	標明數值			測量數值					計算數值	
		歐			伏	安				安	歐
		R_1	R_2	R_3	E	I_T	I_1	I_2	I_3	$I_T=I_1+I_2+I_3$	$R_T=\frac{E}{I_T}$
	3	2,200	3,300	10,000							
1	4		3,300	10,000			—				
	5			10,000			—	—			
	7	3,300	4,700	5,600							
2	8		4,700	5,600			—				
	9			5,600			—	—			
	11	4,700	5,600	10,000							
3	12		5,600	10,000			—				
	13			10,000			—	—			

5. 將 R_2 移開，只留回 R_3 在電路內，測量及記錄 I_T 及 I_3，計算及記錄 R_T 及 I_T 之值。

6. 將開關 SW 開路，將連接(1)之電阻 R_1, R_2 及 R_3 數值更換，替入連接(2)內，電壓E依然保留 10 伏。

7. 依照程序 3 重作一次。

8. 依照程序 4 重作一次。

9. 依照程序 5 重作一次。

10. 將開關 SW 開路，將連接(2)內之電阻更換，替入連接(3)內，電壓E保留在 10 伏上。

11. 依照程序 3 重作一次。

12. 依照程序 4 重作一次。

13. 依照程序 5 重作一次。

14. 將開關 SW 開路，採用連接(1)程序 3 之 R_1, R_2 及 R_3 數值。用歐表測量個別阻力及總阻 R_T 數值，並將附表 2—6 之計算 $R_T=E/I_T$ 數值，同時記錄在附表 2—7 內。又用 R_1, R_2 及 R_3 之測量數值代入公式 6—5，計算R_T及記錄在附表 2—7 內。

附 表 2—7

連接	用在程序	測量數值（歐）				R_T 計算數值（歐）	
		R_1	R_2	R_3	R_T	$R_T=\frac{E}{I_T}$	$R_T=\frac{1}{\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}}$
1	3						
	4						
2	7						
	8						
3	11						
	12						

15. 依照程序14，對下列連接重作一次。
(a) 連接(1)，程序 4 。
(b) 連接(2)，程序 7 。
(c) 連接(2)，程序 8 。
(d) 連接(3)，程序11。
(e) 連接(3)，程序12。

16. 根據本實驗所用之電阻，現擬設計一並連電路，先用
(a) 兩電阻，其次用
(b) 三電阻，再其次用
(c) 四電阻

同時由 (a) 至 (c) 每一並連電路內，需要保持10毫安常數總電流 I_T，可將每一電路所需輸入電壓E計出，並記錄在附表 2—8 內。

附 表 2—8

連接	測量數值（歐）				輸入電壓 E 設計數值	I 測量數值
	R_1	R_2	R_3	R_4		
1						
2						
3						

討　　論：

1. 用汝自己文字，說明求出並連電路之總阻 R_T 之兩種測量方法。
2. 在一並連電路內，若並連電阻增加，總電流有何變化？
3. 在一並連電路內，若並連電阻減少，總電流有何變化？

實驗 2——8　串——並連電路之特性

目　　的：

1. 用實驗証明用以決定串——並連電路之總阻 R_T 之定則。
2. 証明在並連電路內，跨過每一支路之電壓均相等。

應用儀器：

1. 調節式可變直流電能供給。
2. 真空管伏表。
3. 東南基本實驗板 No. 3，具有 0–1 毫安表，330，470，560，1,200，2,200，3,300 4,700 及 10,000歐1/2瓦電阻。

解　　釋：

圖2—38表示電阻串——並連之電路，R_1 係與B–C點間 R_2 及 R_4 並連電路串連，並連電路又與 R_3 串連。A–D 間之總阻可用歐表或用實驗 2—6 之電壓——電流方法測量之，但亦可採用公式求出總阻 R_T 之值。爲求簡化起見，可先求出 B–C 間並連電阻之總阻 R_{T2}，再求出 R_1, R_{T2} 及 R_3 串連之總阻 R_T，如圖2—39所示：

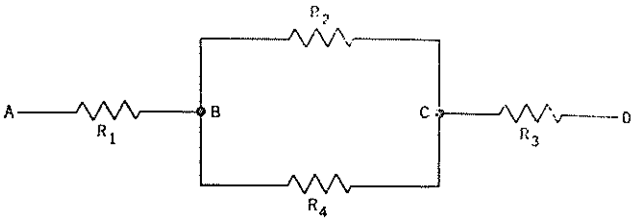


圖2—38. 東南基本實驗板No. 3–A串——並連電路。

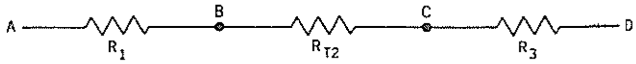


圖2—39.　圖2—38之等效電路。

$$R_T = R_1 + R_{T2} + R_3 \cdots\cdots (8—1)$$

圖2—40表示裝有多個並連網絡之串——並連電路，A–D 間電路與圖2—38相同，故可應用公式（8—1）計出A–D間之總阻 R_{T1}，其等效電路如圖2—41所示。

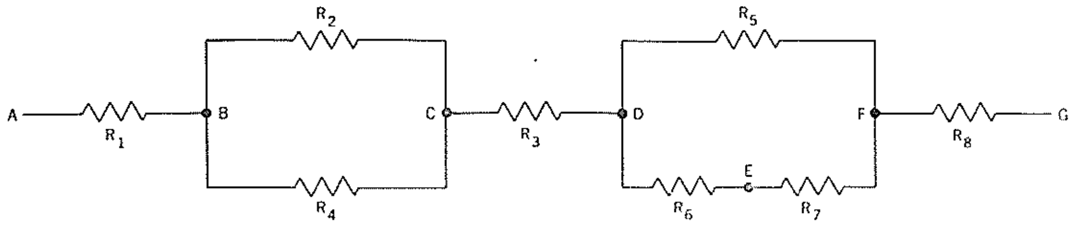


圖 2—40. 東南基本實驗板 No. 3–B之串——並連電路。

現再將圖2—41加以簡化，可用 $R_{6\text{-}7}$ 代替 R_6 及 R_7 串連電阻，即係：$R_{6\text{-}7}=R_6+R_7$，其等效電路如圖2—42所示。經簡化後，並可求出圖2—40電路在A–G點間之總阻等于：

$$R_T=R_1+R_{T2}+R_3+R_{T4}+R_8+\cdots\cdots \quad (8—2)$$

在上式中 R_{T2} 係B–C間第一並連電路總阻，R_{T4} 係D–F間第二並連電路總阻，R_1, R_3, R_8, 等係與兩並連電路串連之電阻。

在圖2—43電路內，B–D兩點間係包括 R_2 與 R_4, R_5 串連電路並連。將伏表跨接B–D間並可測量 R_2 之電壓降，亦可同時測量 R_4 與 R_5 串連之電壓降。

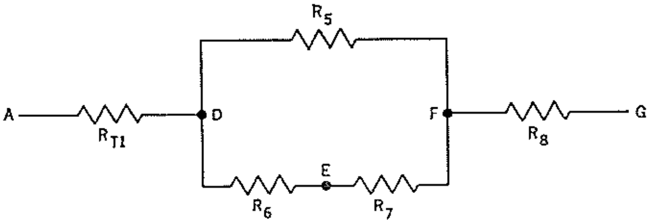


圖2—41. 圖2—40之等效電路。

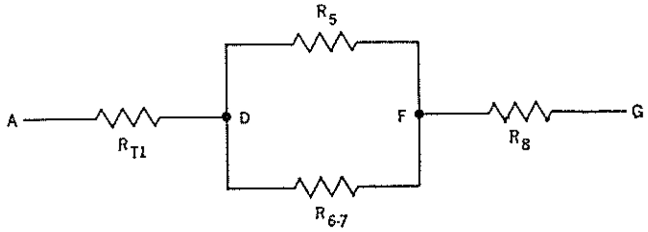


圖2—42. 圖2—41之等效電路。

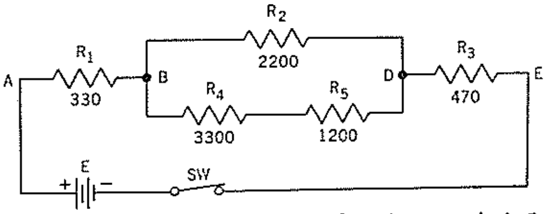


圖2—43.東南基本實驗板No. 3–C之串——並連電路。

實驗程序：

1. 將圖2—38及2—40全部電阻移開，個別用歐表測量，記錄其數值在附表2—9內。

2. 用歐表測量圖2—38串——並連電路A–D間總阻 R_T 及B–C間總阻 R_{T2}，將數值記錄在附表2—9連接(1)項內。

3. 將 R_1, R_{T2} 及 R_3 之測量數值相加，記錄在"計算數值 R_T：(a)"項內。

例如：若測量數值 $R_1=300$, $R_{T2}=300$、$R_3=500$，則

$$\begin{aligned}R_T:(a)&=R_1+R_{T2}+R_3\\&=300+300+500\\&=1{,}100\end{aligned}$$

4. 將 R_2 及 R_4 之測量數值代入 $1/R_{T2}=1/R_2+1/R_4$，計出 R_{T2} 數值及記錄在"計算數值 R_{T2}"項內。

例如：若測量數值 $R_2=400$ 及 $R_4=1{,}200$，則

$$\frac{1}{R_{T2}}=\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_4}=\frac{1}{400}+\frac{1}{1{,}200}=\frac{4}{1{,}200}$$

$$R_{T2}=300$$

5. 將 R_1 與 R_3 測量數值及 R_{T2} 計算數值相加，記錄在"計算數值 R_T：(b)"項內。

例如：因測量數值 $R_1=300$, $R_3=500$, 及計算數值 $R_{T2}=300$，則

$$\begin{aligned}R_T:(b)&=R_1+R_{T2}+R_3\\&=300+300+500\\&=1{,}100\end{aligned}$$

6. 將圖2—38之電路所用電阻數值更換，使$R_1=470$, $R_2=2{,}200$, $R_3=1{,}200$ 及$R_4=3{,}300$。依照程序 2 至 5 再作一次，將數值記錄在附表 2—9 連接(2)項內。

7. 將圖2—40電路各電阻接合，一律採用附表 2—9 內之對應數值，用歐表測量 A–G 間之總阻R_T；B–C間阻力R_{T2}；及D–F間阻力R_{T4}。將數值記錄在連接(3)項內。

8. 將 R_1, R_{T2}, R_3, R_{T4} 及 R_8 之測量數值相加，將總數記錄在“計算數值 R_T：(a)”項內。

9. 用R_2及R_4測量數值，計出R_{T2}。並用R_5, R_6及R_7 測量數值代入下式計出 R_{T4}：

$$\frac{1}{R_{T4}}=\frac{1}{R_5}+\frac{1}{R_6+R_7}$$

記錄此數值在附表2—9內。

10. 將 R_1, R_3 及 R_8 之測量數值及 R_{T2}, R_{T4} 之計算數值相加，及記錄在“計算數值 R_T：(b)” 項內。

11. 更換電阻標明數值，使$R_1=470$, $R_2=2{,}200$, $R_3=1{,}200$, $R_4=3{,}300$, $R_5=10{,}000$, $R_6=560$, $R_7=4{,}700$及$R_8=330$，依照程序 7 至10再作一次，記錄在連接(4)項內。

12. 將圖2—43電路之開關SW開路，旋調節式電能供給至20伏上。

附　表 2—9

標明數值（歐）	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8
	330	470	560	1,200	2,200	3,300	4,700	10,000
測量數值（歐）								
	測量數值			計算數值				
連　　接	R_T	R_{T2}	R_{T4}	R_T：(a)	R_{T2}	R_{T4}	R_T：(b)	
1(圖2—38)			×			×		
2(圖2—38)			×			×		
3(圖2—40)								
4(圖2—40)								

附　表 2—10

輸入電壓 E	E_1（跨過R_1）	E_2（跨過R_2）	$E_{4\text{-}5}$（跨過R_4–R_5）	E_3（跨過R_3）	E_{BD}

13. 將SW閉路，用真空管伏表測量跨過 R_1, R_2, R_3 及 R_4 與 R_5 串連之電壓，並測量B–D間電壓，記錄在附表2—10內。

討　　論：

1. 在程序 2 測量阻力時，是否需要將 B 點或 C 點開路？
2. 當用歐表測量電路阻力時，何以要將電能供給開路？
3. 參照附表2—9，測量數值 R_T 與計算數值 R_T：(a) 及 R_T：(b) 是否相同？何故？
4. 當計算串——並連電路之總阻 R_T 時，應採用什麼定則？
5. 試用圖2—38電路，說明測量串——並連網絡總阻之兩種方法。
6. 參照圖2—43所示，設通過 R_2 電流為 I_2，通過 R_4 及 R_5 電流為 $I_{4\cdot5}$，及通過B–D間總阻 R_{T2} 之總電流為 I_T，說明 $I_2\times R_2$，$I_{4\cdot5}\times(R_4+R_5)$ 及 $I_T\times(R_{T2})$ 三者間之關係。

實驗 2——9　克希荷夫定律

目　　的：

1. 用實驗証明在一閉合電路內，跨過各串連電阻電壓降之和等于輸入電壓。
2. 用實驗証明流入一電路接點之電流，等于由該接點流出之電流。

應用儀器：

1 真空管伏表。

1 東南基本實驗板No. 4。

解　　釋：

克希荷夫定律 (Kirchhoff's Laws) 係由物理學家羅拔克希荷夫 (Gustav Robert Kirchhoff, 1824–1887) 所創造，用以求出複雜電路內之電壓及電流數值。

電壓定律 (Voltage Law)

在圖2—44之簡單串連電路內，用總阻 R_T 代替串連電阻 R_1, R_2, R_3 及 R_4 不會影响電路內電流 I_T。電流 I_T 可由歐姆定律計出之：

$$I_T=\frac{E}{R_T} \tag{9—1}$$

$$E=I_T\times R_T \tag{9—2}$$

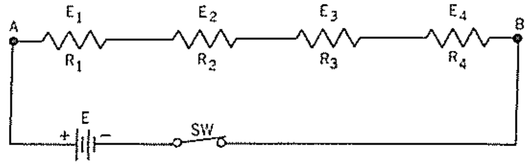


圖 2—44. 東南基本實驗板No. 4–A之電路。

$E=E_1+E_2+E_3+E_4$

在圖2—44串連電路內：

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \qquad (9—3)$$

將（9—3）式R_T之等效數值代入（9—2）式內，可得：

$$E = I_T(R_1 + R_2 + R_3 + R_4)$$

或　$$E = I_T \times R_1 + I_T \times R_2 + I_T \times R_3 + I_T \times R_4 \qquad (9—4)$$

在串連電路內，通過任何位置電流均相同，故總電流I_T等于通過 R_1, R_2, R_3 及 R_4 之電流，因此：

$I_T \times R_1 = E_1$，跨過R_1之電壓降

$I_T \times R_2 = E_2$，跨過R_2之電壓降

$I_T \times R_3 = E_3$，跨過R_3之電壓降

$I_T \times R_4 = E_4$，跨過R_4之電壓降

現在可將（9—4）式再寫成：

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \qquad (9—5)$$

算術公式（9—4）係表明在電阻串連閉合電路內之克希荷夫電壓定律——跨過各串連電阻之電壓降之和等于輸入電壓。

在圖 2—45 之串——並連電路內，亦可採用克希荷夫電壓定律，以求出該電路之總電壓。

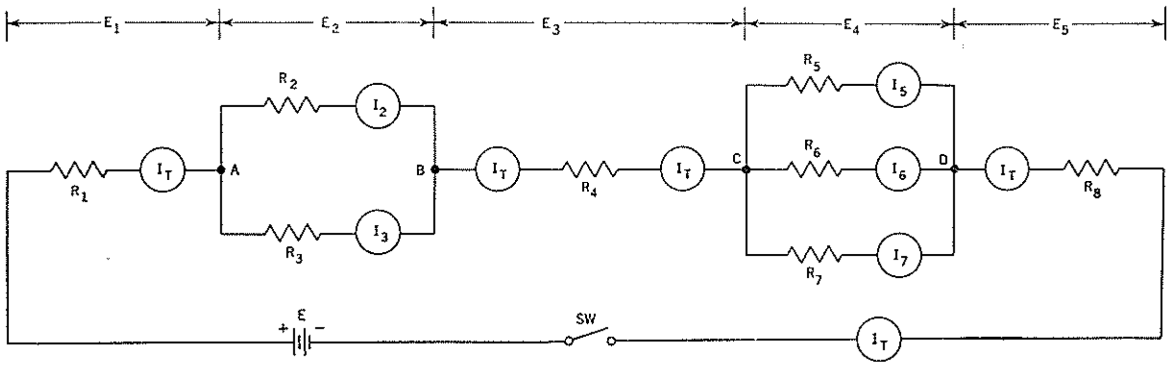


圖 2—45. 東南基本實驗板No. 4–B，採用克希荷夫定律在串——並電路內：

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5$$

電流定律（Current Law）

在實驗2—7中，已証明並連電路之總電流I_T等于各分流之和，亦可用作克希荷夫電流定律之一種示範；此定律指出：在電路內之任意一接點上，流入該點之電流係等于由該點流出之電流。

在圖2—46之串——並連電路內，設流入接點A電流爲I_T，由A點流出之電流爲I_1, I_2及I_3。流入B點電流爲I_1, I_2及I_3，由B點流出之電流爲I_T。至于I_T, I_1, I_2及I_3間之關係可分析于下：

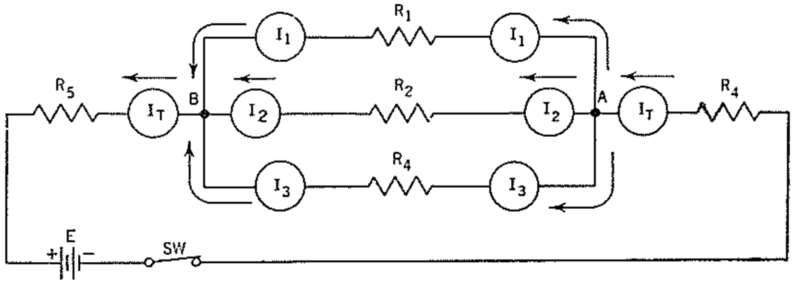


圖 2—46. 東南基本實驗板 No. 4-C。　$I_T=I_1+I_2+I_3$

跨過並連電路電壓 $E_{AB}=I_1\times R_1=I_2\times R_2=I_3\times R_3$。並連網絡若用 R_T 代替時，則 $E_{AB}=I_T\times R_T$，因此：

$$I_T\times R_T=I_1\times R_1=I_2\times R_2=I_3\times R_3 \qquad (9—6)$$

上式亦可寫作：

$$\left.\begin{aligned} I_1&=I_T\times\frac{R_T}{R_1}\\ I_2&=I_T\times\frac{R_T}{R_2}\\ I_3&=I_T\times\frac{R_T}{R_3}\end{aligned}\right\} \qquad (9—7)$$

將 I_1, I_2 及 I_3 相加，可得

$$I_1+I_2+I_3=I_T\times R_T\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)$$

但 $\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}=\frac{1}{R_T}$

故 $I_1+I_2+I_3=I_T\times R_T\times\frac{1}{R_T}=I_T$

及 $I_T=I_1+I_2+I_3$　(9—8)

同時，若 I_T 為流入電路一接點電流，I_1, I_2, I_3……In 為流出該接點電流（或反過來說），則

$$I_T=I_1+I_2+I_3\cdots\cdots+I_n \qquad (9—9)$$

實驗程序：

第一步電壓定律

1. 先將東南基本實驗板No. 4研究清楚，並選用附表2—11所列電阻之數值。

附表 2—11

電　阻	R_1	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6	R_7	R_8
標明數值（歐）	330	470	1,200	2,200	3,300	4,700	10,000	5,600

2. 將東南基本實驗板 No. 4–A（圖2—44）電源開關閉合，調節電能供給輸出，使 E=80伏。用真空管伏表跨過R_1, R_2, R_3及R_4測量其相對電壓降E_1, E_2, E_3及E_4，並記錄在附表2—12內。同時將E_1, E_2, E_3及E_4相加之和數記錄之。

附　表 2—12

程序	E	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	$E_1+E_2+E_3+E_4+E_5$
2						×	
4							

3. 將圖2—44電路開路。

4. 將東南基本實驗板No. 4–B（圖2—45）閉路，調節電能供給 E＝80伏，測量各電阻電壓降，並記入附表2—12內。

第二步電流定律

5. 將東南基本實驗板No. 4–B（圖2—45）閉路，調節E=80伏，將在A點I_T；在B之I_2, I_3 及 I_T；在C之I_T，及在D點之I_5, I_6, I_7 及 I_T之測量數值記錄在附表2—13內。同時將I_2+I_3 及 $I_5+I_6+I_7$記錄之。

附　表 2—13

電流	在A點I_T	I_2	I_3	在B點 I_T	在C點 I_T	I_5	I_6	I_7	在D點 I_T	I_2+I_3	$I_5+I_6+I_7$
毫安											

6. 將東南基本實驗板No. 4–C（圖2—46）閉路，調節電能供給 E＝40伏。測量在 A 之I_T，在B之I_1, I_2, I_3及在B之I_T，將數值記錄在附表2—14內。

附　表 2—14

電　流	在 A 點 I_T	I_1	I_2	I_3	在 B 點 I_T	$I_1+I_2+I_3$
毫　安						

討　論：

1. 用汝自己文字，說明克希荷夫電壓定律，並用公式表明之。

2. 將記錄在附表2—12內（程序 2 ）$E_1+E_2+E_3+E_4$之和與 E 比較之，是否有偏差？試說明之。

3. 用汝自己文字，說明克希荷夫電流定律，並用公式表明之。

4. 將程序 5 所測量之$I_5+I_6+I_7$，與在A點I_T及在B點I_T比較之，若有差異，試說明其理。

實驗 2——10　高度眞空二極管之靜的特性

目　　　的：

1. 測驗高度真空二極管靜的屏極直流。
2. 用圖表繪製屏極特性曲線。

應用儀器：

1 RCA電子管讀本。
1 0—100毫安直流毫安表。
1 0—100伏直流伏表。
1 0—10伏交流伏表。
1 東南電子管動電示教板No. 1-(A)，如圖2—47所示，具有：
　1 5Y3-GT管連管座。　　1 燈絲電源變壓器。
　1 電器位。　　　　　　1 直流屏壓電源。

解　　　釋：

熱游子高度真空二極管，係具有一放射豐富電子之熱陰極，及一供有對陰爲正電壓而用以吸收電子之屏極。

通過電子管之電流，係與每秒到達屏極上之電子數量成比例。若由陰極射出之全部電子被屏吸收，此時之電流與屏陰間之電壓無關，只受陰極溫度所限制而已。

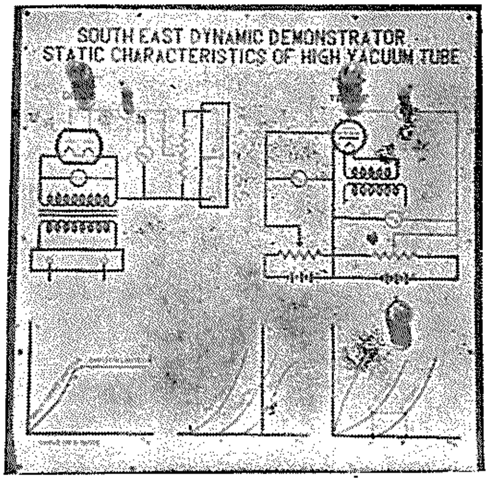


圖 2—47. 東南電子管動電示教板No. 1

由陰極放射之電子，並非悉數到達屏極上，剩餘電子，有些仍回至陰極，有些則在屏及陰極之空位間停留片刻，以產生空間電荷效應。空間電荷對剛離開陰極面之電子具有排斥作用，並阻礙其進行至屏極，此作用範圍及空間電荷數量，則視乎陰極溫度，屏與陰極間距離，及屏壓三要素而定。若屏壓愈高，停留在空間電荷區域之電子愈少，排斥其他電子之作用力亦愈低。將電子管工作在一固定供熱絲或燈絲電壓上，以保持陰極溫度不變，使放射電子等於常數；現將輸入屏壓逐步增加，屏吸收電子數量亦隨之而增。當屏壓超過某一數值時，所增之屏壓，對屏流增加只有極微效應，因此時陰極射出之電子，經已全部被屏極所吸收。此最大電流，稱爲飽和電流或稱放射電流，如圖 2—48 之二極管特性曲線所示。在圖中 A 點稱爲飽和點，在 A 點以上，放射電流只受放射能力或陰極溫度所限制，在 A 點以下則受空間電荷所限制。

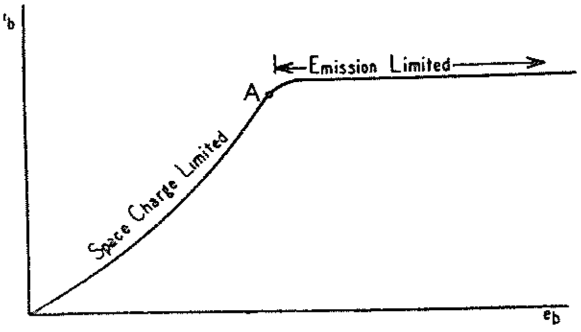


圖2—48. 二極管之特性曲線。

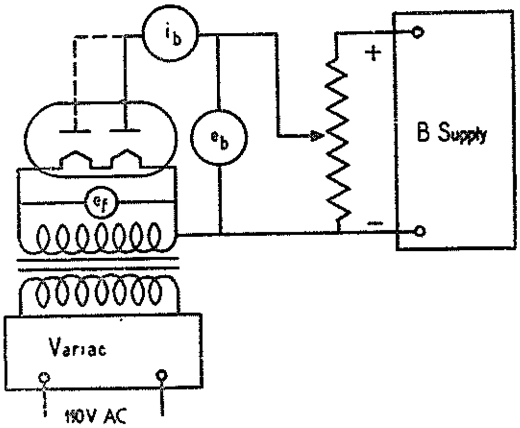


圖2—49.東南電子管動電示教板No. 1-(A)二極管特性曲線測驗電路。

實驗程序：

1. 先將東南電子管示教板 No. 1-(A) 之電路（如圖2—49）研究清楚，認明各插口之功用。

2. 將交流伏表插入與燈絲並連之插口內；將直流毫安表插入與屏路串連之插口內；將直流伏表插入與屏路並連之插口內。

3. 將燈絲及屏壓電源閉合，觀察若無意外，旋供給屏壓之電位器，使屏壓等於零，調節交流燈絲電壓在5伏上。

4. 逐步旋電位器，將屏壓累增，直至到達 5Y3-GT 最大安全電流爲止。將每次所得屏壓及屏流互變之相對值記錄之，並繪出e_b—i_b特性曲線。

5. 將燈絲電壓降至4伏，照第（4）方法再做一次，並繪出e_b—i_b特性曲線在同一表格上。

實驗2——11　高度眞空三極管之靜的特性

目　　的：

1. 測驗高度真空三極管靜的（無信號輸入）屏流。
2. 用圖表繪製互特性曲線組及屏特性曲線組。
3. 求出三極管之放大因數，屏阻及互導數值。

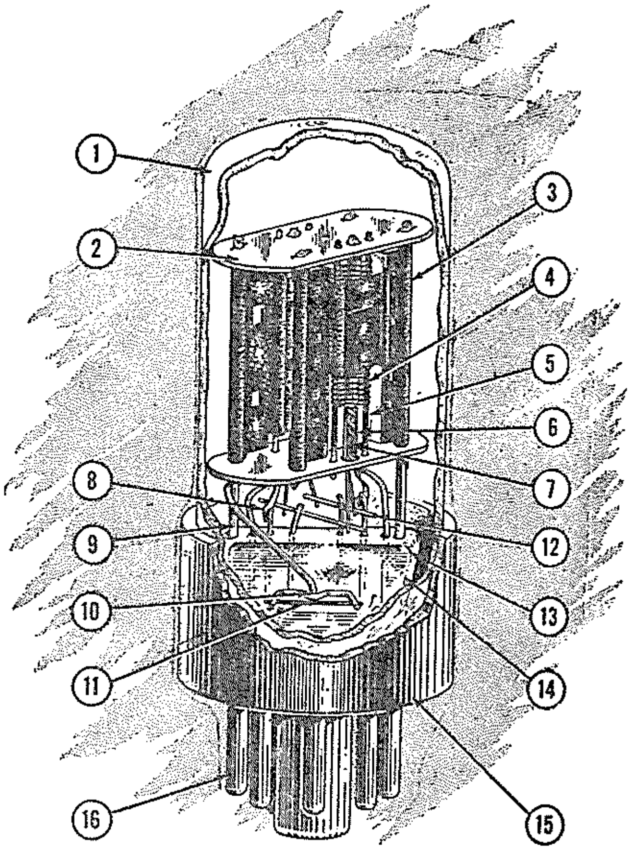
應用儀器：

1　RCA電子管讀本。　　1　0—20毫安直流毫安表。
1　0—300伏直流伏表。　　1　0—10伏交流伏表。
1　東南電子管動電示教板No. 1-(B)，如圖2—53所示，具有：
　1　6J5管連管座。　　1　燈絲電源變壓器。
　1　電位器。　　1　柵及屏直流供給電源。

解　　釋：

在一熱游子真空管內，流通之空間電荷電流，首要視陰極旁之靜電場而決定。三極管具有第三電極，即柵極，裝在陰極及屏極之間；因此，在三極管內之空間電流，爲屏壓及柵壓之函數，同時在陰極旁之電場強度亦主要爲此兩電壓所決定。

1 Glass Envelope
玻璃泡
2 Spacer
隔片
3 Plate
屏極
4 Grid Wires
柵極線網
5 Grid Side-Rode
柵極邊棒
6 Cathode
極陰
7 Heater
供熱絲
8 Cathode Tab
陰極垂脚



9 Mount Support
支架
10 Getter Support
除氣劑架
11 Getter
除氣劑
12 Heater Connector
供熱絲接合器
13 Stem Lead-In Wires
引入線玻璃芯柱
14 Pressed Stem
抽氣管
15 Base
管底
16 Base Pins
管底插脚

圖 2—50. 雙三極玻璃管 6SN7 剖面圖

由圖 2—50 所示，可知柵極爲幼金屬線所繞製，故可以容許多量電子通過到達屏極。又因柵極位置接近陰極，由一變化柵壓所產生之變化屏流，遠大于由同量變化屏壓所產生者。在工作時，常供給一工作偏壓，使柵對陰極爲負，故柵流爲零，而柵路之功率消耗實微不足道。因此，將一小量功率輸入柵路，在屏路內可獲得一相當大之功率輸出，及一甚大之屏壓變化對柵壓變化之比率；此種作用稱爲電子管放大。

三極管之特性，可用兩套曲線以決定之。互特性曲線，係表示屏壓保持常數時，屏流隨柵壓互變之情形，如圖 2—51 所示。若用若干不同數值之固定屏壓，可獲得數條互特性曲線組。第二類曲線稱爲屏特性曲線，係表示對固定柵壓，屏流隨屏壓互變情形，如圖 2—52 所示；此類曲線組，係用不同固定柵壓所求出者。

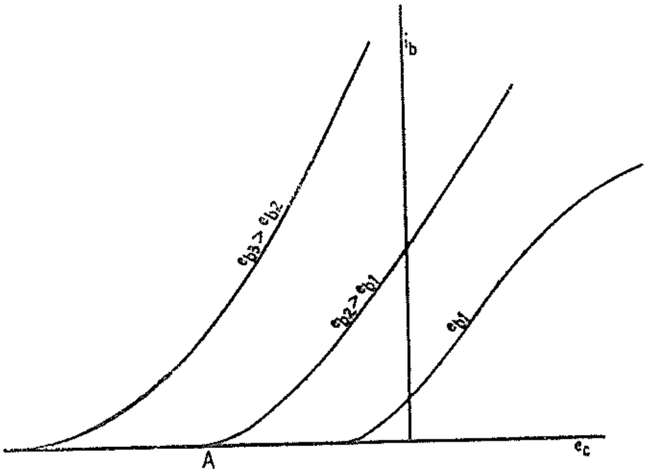


圖 2—51. 對固定屏壓 e_b 之三極管互特性曲線組

三極管之三常數爲：

1. 放大因數(Amplification Factor)

$$\mu = \frac{de_b}{de_c} \quad (i_b = \text{常數})$$

2. 屏阻 (Plate Resistance)

$$r_p = \frac{de_b}{di_b} \quad (e_c = \text{常數})$$

3. 互導 (Transconductance)

$$g_m = \frac{di_b}{de_c} \quad (e_b = \text{常數})$$

三者之關係，可用下式表示之。

$$\mu = r_p \times g_m$$

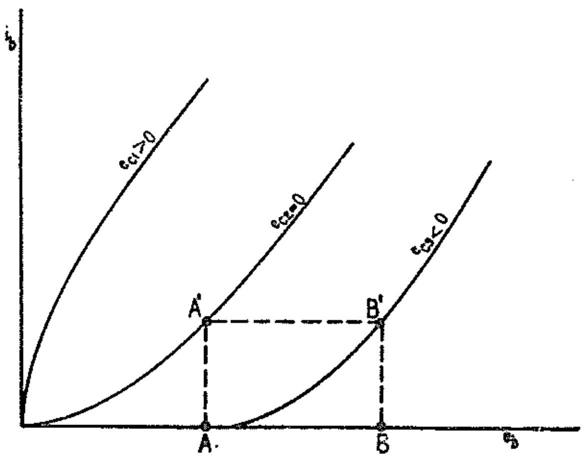


圖 2—52. 對固定柵壓 e_c 之三極管屏特性曲線。

實驗程序：

1. 先將示教板之電路如圖(2—53)研究清楚，認明各插口之功用。

2. 將直流毫安表 (0—20MA) 插入示教板之屏路串連插口內。將直流伏表插入屏路之並連插口內。

3. 將直流伏表 (0—30V) 插入柵路之並連插口內。

4. 將供給屏壓 250V 及供給柵偏壓20V接上。

5. 互特性曲線：旋屏路電位器，將屏壓固定在 240 伏上。逐步旋柵路電位器，將柵偏壓由截止值變至正。將每次柵壓與屏流之相對值記錄之，並繪出 e_c—i_b特性曲線。

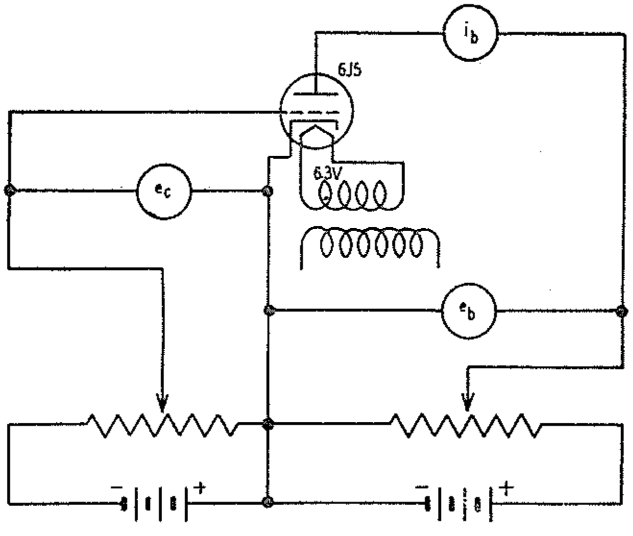


圖 2—53. 東南電子管動電示教板 No. 1-(B) 三極管特性測驗電路。

其次改用 160 伏及 80 伏固定屏壓，照上法繪出曲線組在同一表格上。

6. 屏特性曲線：旋柵路電位器將柵偏壓固定在－8 伏上，旋屏路電位器，將屏壓逐步由零增至 250 伏 (每次增 10 伏)，將每次屏壓及屏流之相對值記錄，並繪出e_b—i_b特性曲線。

其次分別用－6，－4，及－2 伏柵偏壓，照上法繪出曲線組在同一表格上。

7. 分別由曲線e_c—i_b 及 e_b—i_b 之斜度，求出對同值屏流及大約同值之屏壓及柵壓之 g_m 及 r_p 之相對值。放大因數可由e_b 及 e_c之增量求出其約值。參照圖2—52，可得：

$$\mu = \frac{de_b}{de_c} = \frac{e_{b \cdot B} - e_{b \cdot A}}{e_{c2} - e_{c3}}$$

8. 同樣可將各電壓調節在所需數值上，將柵壓 e_c 變更小量 de_c 使屏流變化，然後將屏壓 e_b 變化 de_b 數量，適足以控制屏流恢復原值上。此時可計出放大因數：

$$\mu = \frac{de_b}{de_c}\ (i_b=\text{常数})$$

9. 用 $\mu = g_m \times r_p$ 公式計算，以校對放大因數之值，並將三極管之常數與電子管讀本所記錄數值比較之。

實驗 2——12　三極管動的特性

目的：

繪製三極管動的特性曲線組。

應用儀器：

1 RCA 電子管讀本。
1 0—20 毫安直流毫安表。
1 0—300 伏直流伏表。
1 0—30 伏直流伏表。
1 東南電子管動電示教板No. 2-(A)，具有：
　1 6J5 管連座。　　1 燈絲電源變壓器。
　1 柵及屏直流供給電源。　　1 電位器。

解釋：

一般電子管在實用上，其屏路必含有某種阻抗元件在內，此種阻抗可用純阻力，或由阻力及電抗混合組成。因電子管工作在固定屏供給電壓上，當輸入柵路之信號電壓控制屏流變化時，屏路之阻抗加載，即將屏壓發生變化。在此情況下，若繪出曲線以表示柵壓及屏流之關係，所得結果與固定屏壓所獲得者有顯著差別。後者曲線乃係靜的柵屏互變特性，而前者爲動的特性，專用以決定電子管之工作情況。

若加載爲電抗，變化柵壓之頻率必須顧及，但純阻力加載對頻率無關，故動的特性曲線可以在直流情況下獲得之。本實驗乃依後者作爲根據。

在圖 2—54 中之曲線，乃表明在屏路内之阻力加載對固定屏供給電壓之效應。曲線 A 表示阻力爲零時之變態。若輸入之加載阻力 (R_L) 相當大於電子管之屏阻，其變態如曲線 B所示。由兩曲線加以觀察，可顯然明白在屏路内之加載阻力，可增進 e_c—i_b 曲線之直線度，此特性對一般放大管至爲重要，容後再述之。

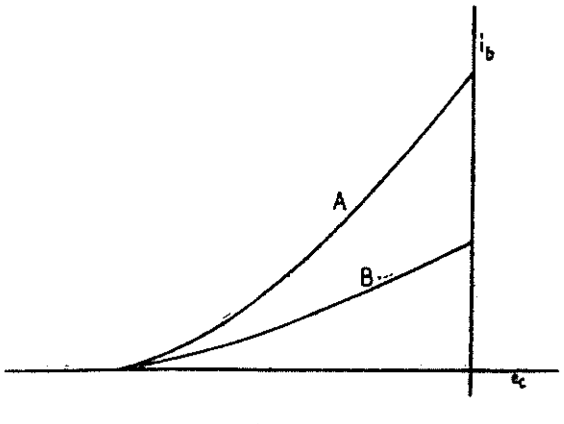


圖 2—54. 三極管之動的特性曲線。

在圖2—55中，設電子管工作在－4伏直流偏壓上，輸入交流信號電壓之峯值爲3伏。於是柵壓乃隨交流信號電壓週波由－1變至－7伏。繪出之e_c—i_b曲線，在柵偏壓由－1至－7伏範圍內，必須成爲一直線，始能獲得與輸入信號電壓相同之輸出波形。

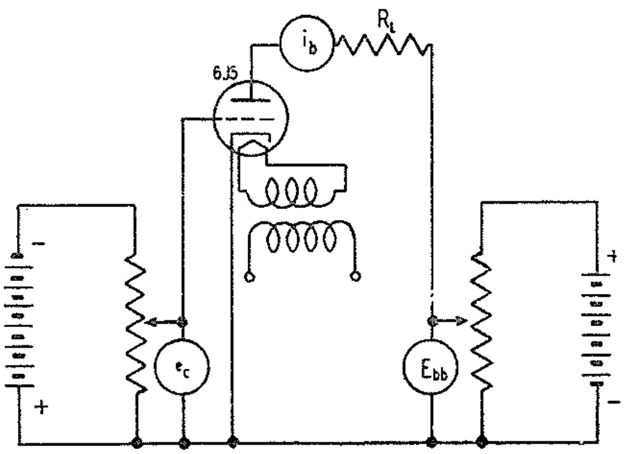


圖 2—55. 東南電子管動電示教板 No. 2-(A)
三極管動的特性測驗之電路。

實驗程序：

1. 先將示教板之電路(如圖2—55所示）研究清楚，認明各插口之功用。

2. 將直流毫安表 (0—20MA) 插入示教板之屏路串連插口內，將直流伏表(0—300V) 插入與電位器並連之插口內。

3. 將直流伏表（0—30V）插入柵路之並連插口內。

4. 先用 20,000 歐加載電阻串連于屏路R_L位置內，將屏及柵供給電壓接上，旋電位器，使屏供給電壓E_{bb}＝135伏及柵供給電壓E_{cc}＝－4伏。

5. 旋柵電位器，將柵壓逐步由（－4）伏變至（－8）伏，及由（－4）伏變至零，將每次所得之相對屏流值記錄之，同時用E_{bb}減去i_b R_L，求出每次相對屏壓e_b值。繪出屏流及屏壓對柵壓之曲線。

6. 換上50,000歐加載阻力，照（4）及（5）方法重作一次。

7. 照（6）重作，但必要調節電位器，使無信號（Ec＝－4伏）之屏壓等于用20,000歐加載時之屏壓。

8. 從繪出之曲線組中，指明在某一範圍內，失真作用可忽畧不計。若將加載阻增加時，是否增進不失真範圍？屏供給電壓對此範圍有何影响？若柵偏壓爲－4伏，求出每一情況中之最大峯柵壓。若改用其他直流柵偏壓，輸入交流柵壓值能否增加？

實驗 2——13　四極管及五極管靜的特性

目的：

1. 測驗四極管及五極管靜的屏流。
2. 用圖表繪製四極管及五極管之屏特性曲線組。
3. 求出四極管及五極管之屏阻，放大因數及互導數值。

應用儀器：

1 RCA電子管讀本。
1 0—20伏直流伏表。
2 0—300伏直流伏表。
1 0—20毫安直流毫安表。
1 東南電子管動電示教板No. 2-(B)，具有：
　1 6SJ7管連座（或6AB6管連座）。
　1 燈絲變壓器。
　3 電位器。
　1 屏、簾及柵供給電源。

解　　釋：

四　極　管 (Tetrodes)

四極管或稱簾柵管，具有兩柵極，位于屏及陰極間。接近陰極者稱爲控制柵，其功用與三極管之柵極相同。第二柵稱爲簾柵極，供作屏至控制柵極間靜電場之隔離，藉以免除由屏回輸電能至控制柵極，由于此隔離作用，當屏壓相當大于簾柵正壓時，屏壓對屏流之影响甚微，但控制柵對屏流之控制作用增大，因此使四極管之屏阻及放大因數大爲增加。

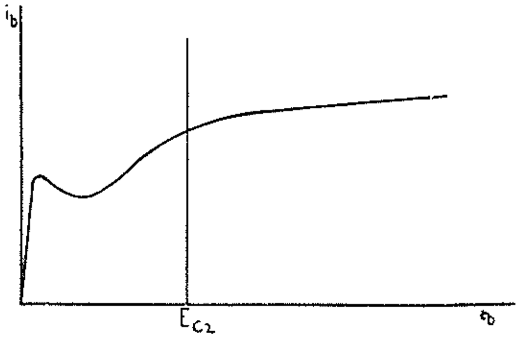
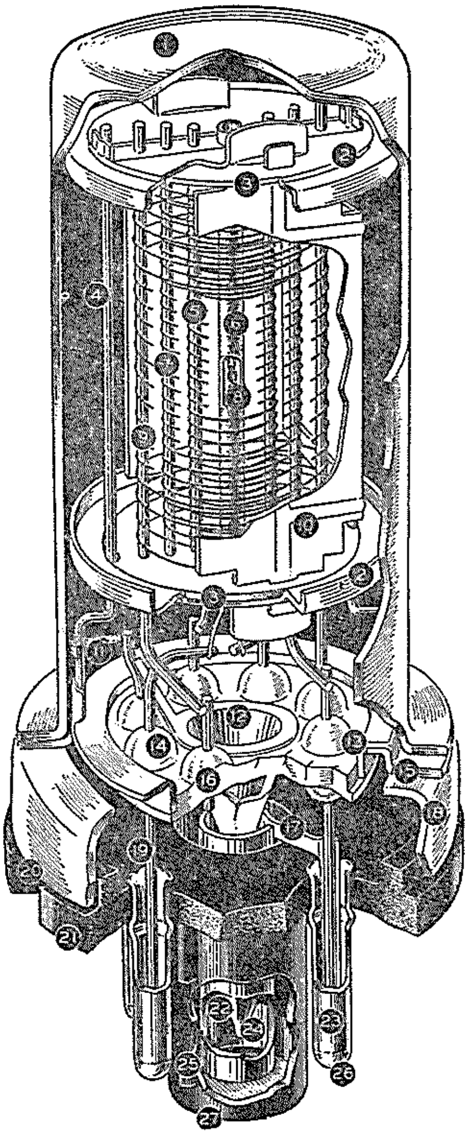


圖 2—56. 四極管特性曲線。

四極管之靜的特性曲線如圖 2—56 所示，當屏壓低于簾柵電壓 E_{c2} 時，屏流反隨所增之屏壓而減少。因簾柵之電壓高于屏壓，由屏極產生二次放射電子，被簾柵所吸收，使簾柵電流增加而屏流反減少，故屏極之工作電壓，必須限制不能低于簾柵電壓。

1 Metal Envelope
金屬壳
2 Spacer Shield
隔離隔片
3 Insulating Spacer
絶緣隔片
4 Mount Support
支架
5 Control Grid
控制柵極
6 Coated Cathode
塗面陰極
7 Screen Grid
簾柵極
8 Heater
供熱絲
9 Suppressor Grid
抑制柵極
10 Plate
屏極
11 Batalum Getter
鋇除氣劑
12 Conical Stem Shield
錐形管隔離
13 Header Insert
底盤嵌入部份
14 Glass Seal
玻璃封珠



15 Header
底盤
16 Glass-Button Stem Seal
玻璃底封罩
17 Cylindrical Base Shield
圓柱底端隔離
18 Header Skirt
底盤邊
19 Lead Wire
引線
20 Crimped Lock
綯招封口
21 Octal Base
八脚管底
22 Exhaust Tube
抽氣管
23 Base Pin
管底插脚
24 Exhaust Tip
抽氣管尖
25 Aligning Key
校對鑰
26 Solder
銲錫
27 Aligning Plug
校準插柱

圖 2—57. 單頭五極金屬管 6SJ7 之剖面。

1 Glass Envelope
玻璃泡

2 Internal Shield
內隔離

3 Plate
屏極

4 Grid No. 3
(Suppressor Grid)
抑制柵極

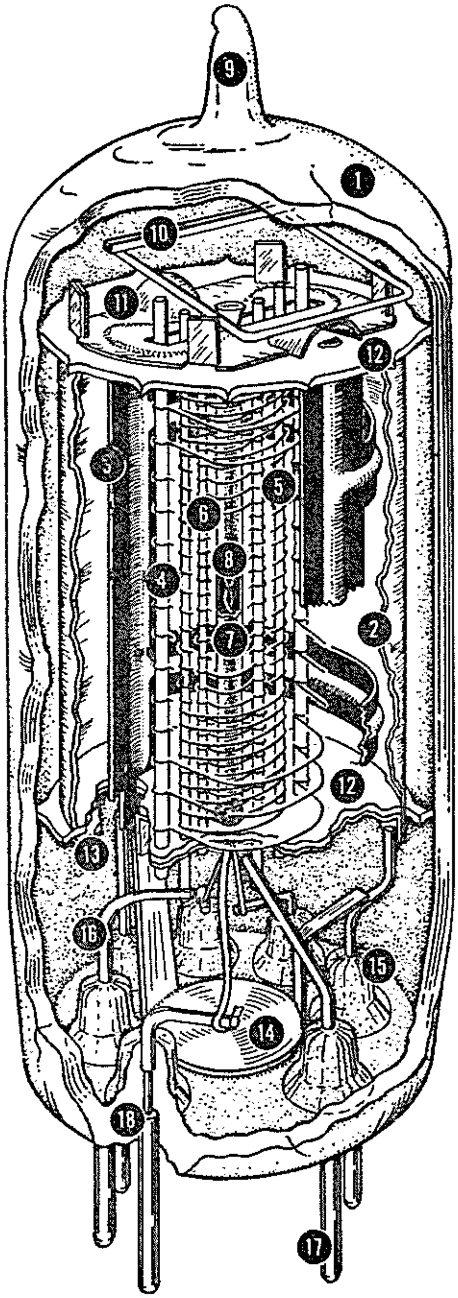
5 Grid No. 2
(Screen Grid)
簾柵極

6 Grid No. 1
(Control Grid)
控制柵極

7 Cathode
陰極

8 Heater
供熱絲

9 Exhaust Tip
抽氣管尖



10 Getter
除氣劑

11 Spacer Shield
隔片隔離頂盤

12 Insulating Spacer
絕緣隔片

13 Spacer Shield
隔片隔離

14 Inter-pin Shield
插脚間隔離

15 Glass Botton-Stem Seal
玻璃底封罩

16 Lead Wire
引線

17 Base Pin
管底插脚

18 Glass-to Metal Seal
玻璃與金屬間封口

圖 2—58. 小型五極管 6BA6 之剖面。

五　極　管(Pentodes)

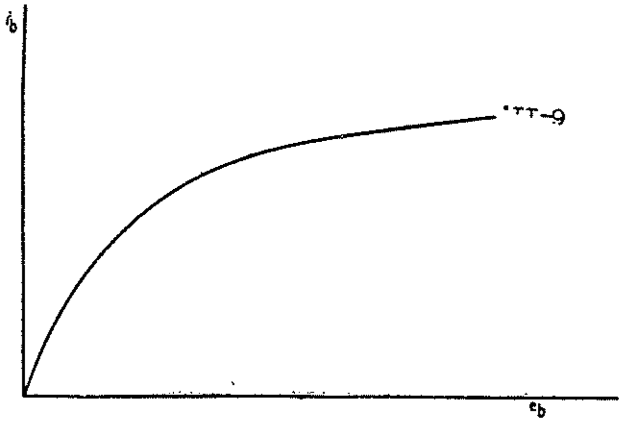


圖2—59.五極管屏特性曲線e_{c1}＝常數　e_{c2}＝常數。

五極管具有第三電極，稱爲抑制柵，裝在屏及簾柵極間，如圖 2—57 及 2—58 所示，其功用係免除由屏放射之二次電子被簾柵極所吸去；欲完成此項任務，抑制柵極必須接在陰極上，以維持其對屏爲負之電壓，使抑制柵及屏極間之電子全部被屏吸回。五極管既有免除二次放射電子之效應，于是可以改善四極管屏特性曲線之不規則部份，使其靜的特性曲線如圖 2—59 所示。

四極管或五極管之簾柵極，常用一旁路容電器（0.01 至 2 微法）接於管座簾柵接脚及 B—（或底板）間，以消除由于集散電場所引起簾壓之任何交流成份，並增進簾柵極之靜電隔離效應。

又因四極管及五極管具有高度增益，應用時必須加以良好隔離，以免除反饋作用。

實驗程序：

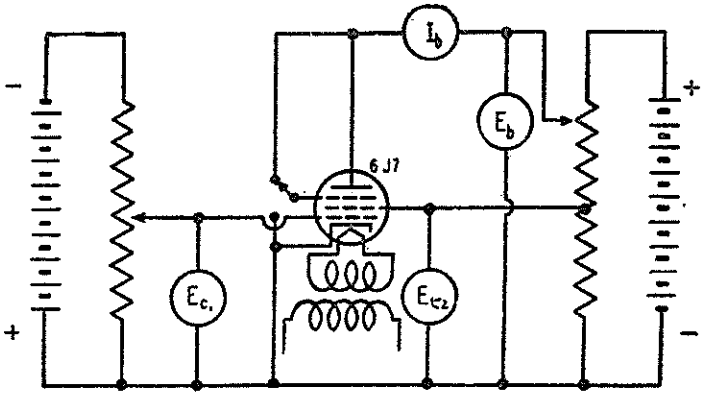


圖 2—60. 東南電子管動電示教板No. 2-(B)
四極及五極管屏特性曲線測驗之電路。

1. 先將示教板之電路（如圖 2—60 所示）研究清楚，認明各插口之功用。

2. 將直流毫安表（0—20 MA），直流伏表（0—300V），分別插入屏及簾柵路内之插口。

3. 將直流伏表（0—20V）插入柵路插口內。

4. 四極管之屏及互特性：

(a) 先將 6SJ7 之抑制柵接至屏極，用作四極管。接上屏，簾柵及柵之供給電壓。將簾柵電壓固定在100伏上，將柵偏壓固定在－1 伏上。將屏壓由零變至 250 伏，將每次屏壓及屏流之相對值記錄之，並繪出e_b—i_b特性曲線。其次改用 e_c＝—2V，同樣繪出e_b—i_b曲線于同一表格上。

(b) 將屏壓固定250伏，將簾柵壓固定100伏，逐步旋電位器，將柵偏壓由零變至－10 伏，將每次柵壓及屏流之相對值記錄，並繪出互特性曲線（e_c—i_b）。其次將屏及簾壓固定在 100 伏，照前重作一次，並將曲線繪在同一表格上。

(c) 由e_b—i_b曲線，計算四極管之屏阻。

(d)　將簾壓固定在100伏上，將柵偏壓由－1 變至－2伏，使屏流由原值降下；再將屏壓調節，直至屏流恢復原值爲止，記錄此時屏壓值。將屏壓對柵壓之變值，並可求出該管之放大因數（$\mu = de_b/de_c$）。在測驗時，必要保持屏壓大于簾壓。

5.　五極管之屏及互特性：

(a)　將 6SJ7 之抑制柵移接在陰極上，用作一五極管。依照程序（4—a）方法，繪出屏特性曲線組。

(b)　依照程序（4—b）方法，繪出瓦特性曲線組。

(c)　依照程序（4—c）方法，求出屏阻之數值。

(d)　依照程序（4－d）方法，計出放大因數值。

實驗 2——14　閘流管特性

目　　的：

1.　測量閘流管之屏流。
2.　繪製閘流管之着火特性曲線及屏特性曲線。

應用儀器：

1　0—10伏直流伏表。
1　0—150伏直流伏表。
1　0—100毫安直流毫安表。
2　4.5伏電池。
1　東南電子管動電示教板，如圖2—63所示，具有：
　1　884式閘流管連座。　　1　燈絲電源變壓器。
　1　電位器。　　2　炭阻。

解　　釋：

閘流管（Thyratron）係一充有氣體三極管。在小型管内，如 884，所用之氣體爲氖或氬。但一般大型管則一律採用汞氣。若輸於閘流管之柵對陰柵間負壓達到充份大時，可使

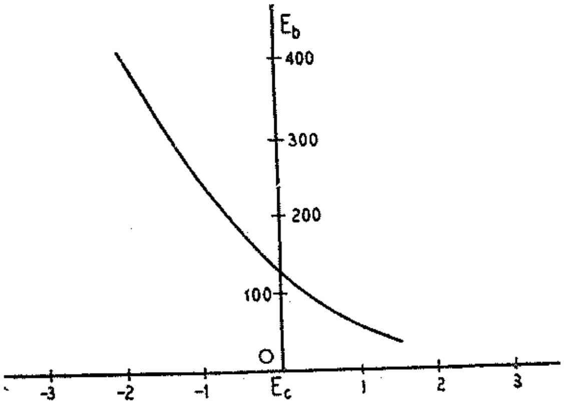


圖 2—61. 閘流管着火特性曲線。

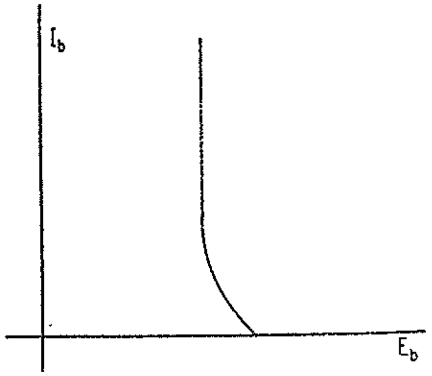


圖2—62.導電開始後之屏流及屏壓特性曲線。

屏流截止。當柵一次獲得充份正壓以使屏流暢通，以後雖將柵負壓增加，亦不能使屏流中斷。故必須將屏至陰極電壓減低，始能截止屏流，于是柵極再次可以防止開始導電。

圖2—61表示一閘流管之臨界着火特性曲線。若柵壓爲正時，所需導電之屏壓祇在130伏以下，若柵壓爲負時則需屏壓130伏以上始能導電。在管内氣體之電離作用，可使屏至陰極間電壓降維持在一常數上（10—16伏），同時在導電期間，此電壓降與屏流大小無關，如圖2—62所示。

實驗程序：

1. 先將圖2—63之示教板電路研究清楚，認明各插口之功用。

2. 將直流毫安表（0—100MA）插入屏路串連插口内；將直流伏表（0—150V）插入屏路並連插口内。（注意：毫安表若誤插在伏表位置，即被燒毀。）

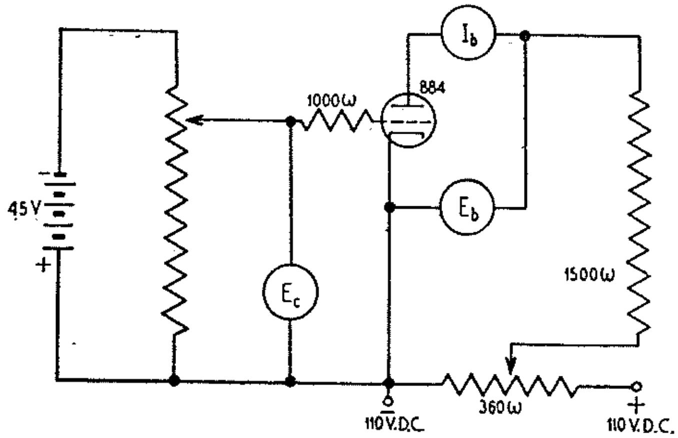


圖 2—63. 東南電子管動電示教板 No. 2–(C)——閘流管特性測驗電路。

3. 將直流伏表（0—10V）插入柵路並連插口内。

4. 將閘流管供熱絲電源閉合，先將偏壓置于最大負值（—4.5V）上，以防止屏流通過。

5. 接上屏供給電壓，旋電位器，使屏壓置于一最大已知值上，慢慢將負偏壓減少，直至屏流剛開始流動，將剛導電前屏壓及柵壓之相對值記錄之。同樣，將屏壓逐步減低（每次減5伏），調節偏壓使管導電，將每次所得之相對記錄，繪出着火特性曲線。

每次測驗必須先將屏開路，以便柵極重新控制屏流。

6. 先置屏壓于50伏上，旋柵偏壓使開始導電。旋電位器，變化屏流於所需範圍内（由5MA至50—60MA最大容許量75MA）。將每次屏壓及屏流之相對值記錄之。繪出i_b對e_b特性曲線。

注意：若將柵路1,000歐電阻，或屏路1,500歐電阻缺省，可使電子管損壞。

實驗 2——15　TRIPLET 2413 電子管測驗器用法

目的：

熟練電子管測驗器之用法。

應用儀器：

1　Triplet 2413 型電子管測驗器。

10　各式電子管。

解釋：

圖 2—64 爲測驗器之正面板圖，圖 2—65 爲線路圖。此電路可以測驗電子管之電極隔離及分接點。現將其用法分述于下：

(a) 參照電子管表，查出各管之燈絲電壓與管脚接連法。

(b) 照下法使用 "A-Cir" 開關 (S_2)：

"1" 二極管

"2" 直熱式管 (二極管除外)

"3" 傍熱式管 (二極管除外)

"4" 靶子極或電眼管

"5" 氣體整流管或氣體控制管

(c) 旋 "B-Fil" 開關 (S_1) 至該管所需之絲壓數值上。

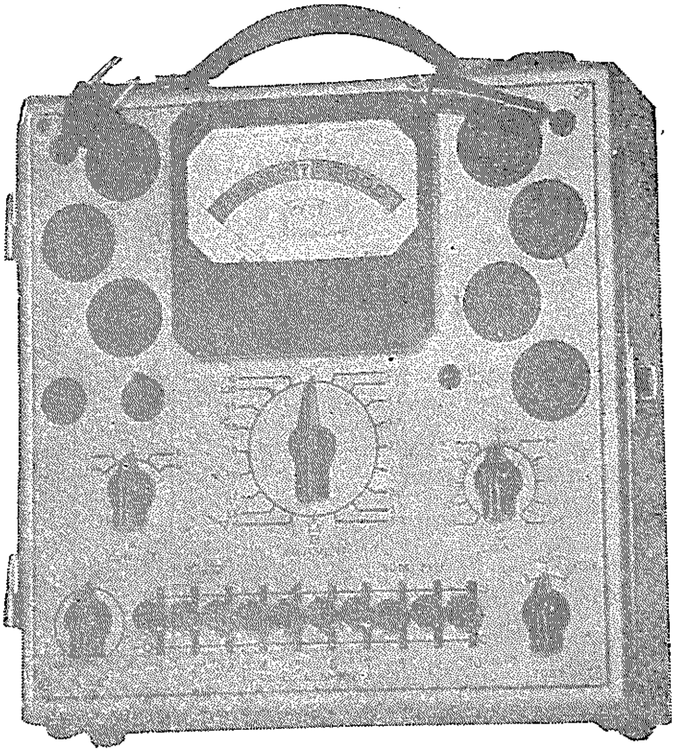


圖 2—64. Triplet 2413 型電子管測驗器之正面板

(d) 參照電子管表各槓桿由 1 至 10 (S_4-S_{13}) 應放位置，此位置係與管脚編號相同。

(e) 扳各槓桿至中點，此係正常位置，在此位置上，全部電極一齊相接。

(f) 查出待測電子管之管底第一燈絲接脚，將相對之槓桿扳至 "UP" 位置，表示將燈絲一邊接至燈絲電源變壓器。

(g) 查出燈絲第二接脚，扳相對槓桿至 "DN" 位置，即將燈絲第二邊接至燈絲變壓器。如燈絲有分接時，移相對燈絲插脚，將燈絲兩節並連之。

(h) 查出陰極接脚，扳相對槓桿至 "DN" 位置，即將陰極接至燈絲。

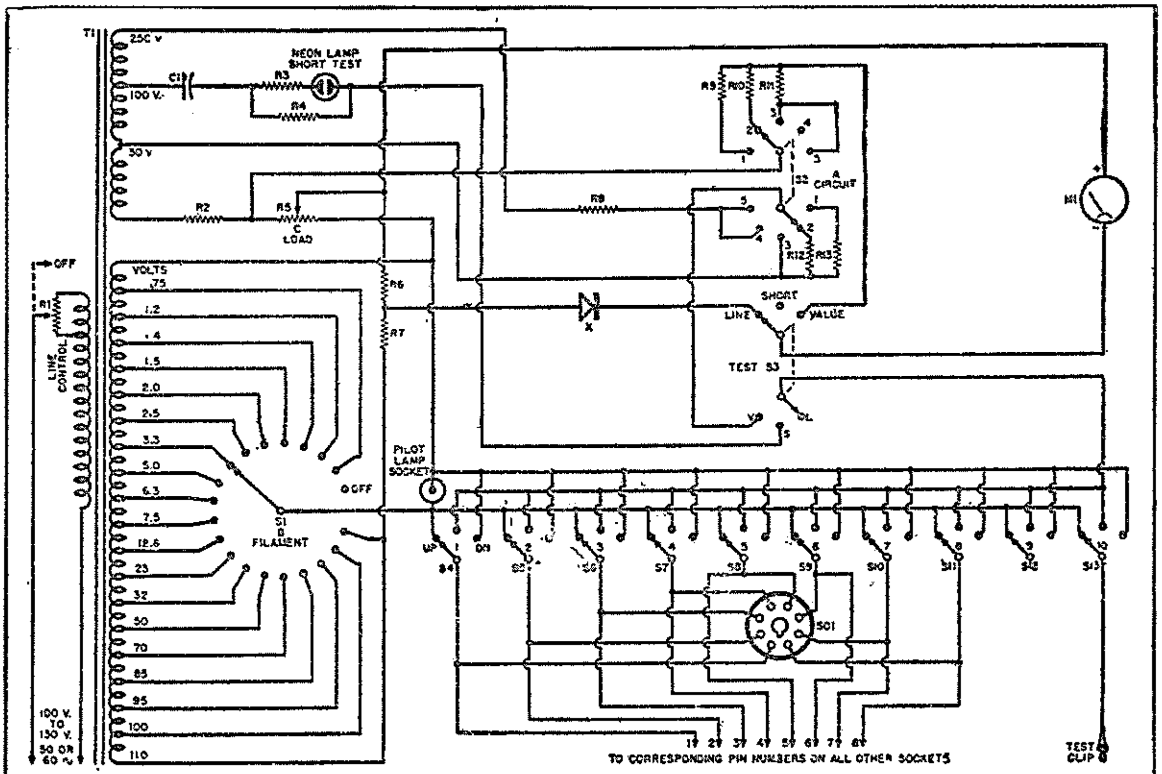
(i) 若待測電子管係複式者，如雙二極及雙三極等，查出待測電極，扳相對槓桿至 "DN" 位置。

(j) 將電子管插入適合管座內。

(k) 將 "Test" 開關 (S_3) 扳至 "Line" 位置，再旋 "Line" 控制器，使電表指在 "Line Test" 標誌上。

(1) 將"Test"開關扳至"Value"位置，調節每管所需加載"C-Load"（R_5），大部份好管在電表上之讀數爲70。

圖 2—66 爲每種測驗之簡化電路。在二極管測驗中，如圖 2—66A 所示，屏壓係置于30V變壓器分接點上，一5,000歐電阻串連于該分接點與屏極間，用以限制屏流至一安全數值。由于二極管電流甚小，必須在某些二極管測驗中加上一附註："好管讀數超過20"。此附註指明最大二極管電流，係少于電表指在良好"Good"部份所需之電流。故必須在度盆設置一較低參考點。0.8歐電阻與電表負極串連，係用以調節電位器，變壓器及電表内之微小變化。



R_1—175 ohm pot with off-position (Ohmite Model H) (Line control)
R_2—50 ohm wirewound res. ± 1% (Cathode return coupling)
R_3—100,000 ohm, ½ w res. (Current limiting neon)
R_4—250,000 ohm, ½ w. res. (Shunt, neon, calibration)
R_5—200 ohm pot. (Load control)
R_6—1200 ohm wirewound res. ± 1% (Line meter calibration)*
R_7—75,000 ohm, 1 w. res. (Line meter series)
R_8—5000 ohm, 10 w res. (Current limiting)
R_9—.8 ohm, wirewound res. ± 1% (Tube test shunt)*
R_{10}—450 ohm, wirewound res. ± 1% (Tube test shunt)*
R_{11}—1800 ohm, wirewound res. ± 1% (Tube test shunt)*
R_{12}—1000 ohm, ½ w res. (Current limiting)
R_{13}—5000 ohm, ½ w. res. (Current limiting)
C_1—.1 μfd., 400 v cond. (Series condenser short test)
Pilot Light Socket—7-prong with lamp test socket (Amphenol Type S-7C)
M_1—1 ma., 100 mv., d.c. meter (Triplett #T 52-391)
X—Copper oxide, half-wave rectifier
S_1—20-pos., single-deck sw.
S_2—14-pos., double-deck sw. (5 active pos.)
S_3—3-pos., double-deck sw.
S_4 to S_{13}—3-pos., lever type sw.
T_1—117 v. pri., tapped sec. fil & plate trans. (Triplett # T-23-101 (See text)
Pilot Lamp—Neon, 1/25 w. (General Electric)
Sockets with 4, 5, 6, 7, and 8 pins are wired in sequence. RMA pin numbering, 1 to 1, 2 to 2, 3 to 3, etc.
* Approximate value calibration res.

圖 2—65. Triplet 2413型電子管測驗器線路各槓桿編號（1至9）係與各式電子管插脚之編號互相符合。頂帽連接則由編號10槓桿担任。

200 歐電位器，供作電表滿度電流之微分調節。此控制器所置放位置，係由一般良好電子管之平均值而決定之，即如上文（1）項内所述者。與高壓線捲串連之50歐電阻，係用作一限制電阻及保險絲，藉以減免變壓器及電表遇到不正確裝置時所引起之損害。

燈絲式三極管及五極管之測驗電路，如圖2—66B所示，屏極依然在變壓器之30伏分壓點上。串連在變壓器及電子管屏極間之1000歐電阻，在測驗時容許較大電流由燈絲流過及協助獲得接近工作情況之充份加載。與電表負端串連之450歐電阻可將電表滿度電流增加，以便使200歐電位器，即“C”加載控制器，得到一精確位置。

對於傍熱式三極管及五極管之測驗，如圖2—66C，在變壓器上之供給屏壓依然保留30伏及直接輸至待測電子管之屏極。與電表負端串連之1800歐電阻依然可增加電表滿度電流以便獲得正確讀數。

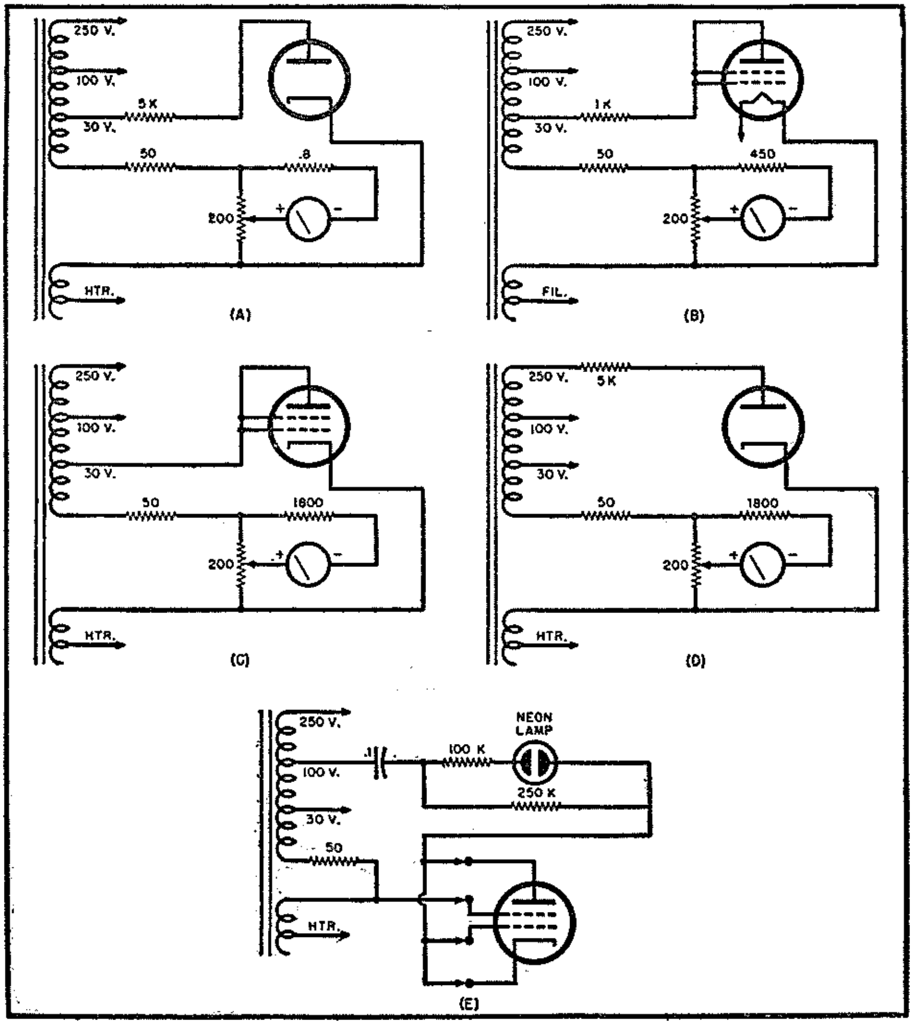


圖 2—66. 在電子管測驗器內，每種測驗簡化電路：

(A) 對兩極管，開關S_2在位置1；

(B) 對燈絲式三極及五極管，開關S_2在位置2；

(C) 對傍熱陰極式三極及五極管，開關S_2在位置3；

(D) 對靶子極及電眼管，開關S_2在位置4；對氣體整流管及氣體控制管，開關S_2在位置5；

(E) 短路測驗開關 S_3 在短路測驗 (Short Check) 位置。全部開關位置係參照圖2—65所示。

對於電眼管及氣體整流器之測驗，如圖2—66D，必要用一充足電壓輸至屏極，以產生電離作用。串連於于250伏分壓點與屏極間之 5000 歐電阻，係保護電子管以免受過量電流所損害。1800歐電阻之用途與上述相同。

電眼管之測驗係用管本身之可見觀察法。250伏電壓輸至電眼控制電極屏，以供作“眼閉”測驗，用零伏供作“開眼”測驗（在兩測驗中250伏輸至靶子極上）。

短路測驗線路，如圖2—66E，將100伏交流經適當限制電阻，100,000及250,000歐，輸至待測電子管全部電極上。與100伏變壓器分接點串連之0.1微法隔斷容電器，用以免除待測電子管之電子流使氖燈閃光。依照實驗程序，作短路測驗，可觀察每一電極間（包括隔離在內）之短路情形。在此測驗中氖燈若閃光，常表示有500,000歐以下之漏電。

對于每電極至管底插脚，及全部內分接點之導電測驗，可照實驗程序進行，當用槓桿開關移動一電極接點時，可使電表讀數變動。將測驗旋球放在“Short”位置內，若氖燈閃光，表示插脚內（如分接點及跳線等）連接滿意。

若電源電壓受不同燈絲電流影响而變化，可調節電源控制旋球（R_1）以補償之。此係調節變壓器初級電壓，其正確電壓讀數，可由跨接于變壓器110伏次級捲之整流式伏表指出之。將“Test”開關扳至“Line”位置，即可將“Good–Bad”指示儀器改成一個簡單整流式伏表。

實驗程序：

電源測驗

1. 將電源線插入110伏，50–60赫交流電源內。
2. 照電子管表“A–Cir”項內所示，扳“A–Circuit”旋球（S_2）至所需位置上。
3. 照“B–Fil”項內所示，扳“B–Filament”旋球（S_1）至所需位置上。
4. 照“C–Load”項內所示，扳“C–Load”旋球（R_5）旋至所需數字。
5. 將全部電子管電極槓桿（分幼體字，及粗體字）扳在中心位置上，然後照“Lever Position–Up–Down”項內所示，將所需槓桿扳至指定位置上。
6. 將電子管插入所需管座內。
7. 將“Test”旋球（S_3）扳在“Line”位置內，旋“Line”調節器（R_1），直至電表指在“Line Test”位置。

短路測驗（“Test”旋球放在“Short”位置）

8. 對停留在中心位置之每一槓桿（S_4至S_{13}），分別扳落至“Dn”位置又扳回中心位置各一次，將以前扳在“Dn”位置之幼體字槓桿，分別扳至中心又扳回原位各一次，若氖氣管發出明亮紅色閃光，證明待測電子管內部短路。

值數測驗

9. 將“Test”旋球（S_3）扳在“Value”位置，由電表讀數可知待測電子管之情況。
10. 將“Test”旋球放回原位，將各槓桿扳回中心位置。旋“Line”調節器至“Off”。

導電測驗（全部電子管適用，穩定管除外）

1a. 依照1至9程序作一次。

2a. 扳“Test”旋球至“Value”位置，將幼體字之槓桿，逐一由中心扳上（Up）又扳回原位。由于電表所指讀數減小，可知電子管插脚與電極間之導電情形；一輕微減小，表示屏或簾柵極連接滿意，一大量減小，表示柵或陰極連接滿意。

3a.　將"Test"旋球放回原位。

4a.　將粗體字槓桿逐一扳至一位置，然後扳回原位，若氖氣有明亮之紅色閃光，證明燈絲或其他內部接脚導電。

導電測驗（指示燈及其他小型燈泡）

1b.　依照電源測驗第 1 及第 7 方法作一次。

2b.　扳 "B–Filament" 旋球至待測指示燈所需電壓上。

3b.　將燈底套入七脚管座之中心。

4b.　若指示燈發光正常，證明良好。

導電測驗（穩定管及其他電具）

1c.　依照電源測驗第 1 及第 7 方法作一次。

2c.　將一跳線插入八脚管座第一位置內。

3c.　扳 "B–Filament" 至 "Off" 位置。

4c.　扳槓桿 1 在 "Dn" 位置。

5c.　將柵帽與跳線相接，氖管即閃光。其次將柵帽及跳線接于穩定管兩插脚間，或電具之兩極間，若氖管閃光，証明導電正常。

實驗 2——16　SIMPSON 305 型電子管測驗器用法

目的：

熟練電子管測驗器之用法。

應用儀器：

1　Simpon 305 型電子管測驗器。

10　各式電子管。

解釋：

扳動開關符號 C, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 及 8 係與電子管之相對標準編號電極數字相接，開關 9 係電表之反向開關。

在一電子管上，對各種測驗之旋轉或扳動開關之任何位置，均已列明在電子管表內，在表內未有指明之任何扳動開關，一律保留在正常位置上，對于開關 C, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 及 8 之正常位置係放在中央，對于開關 9 之正常位置則放在下方。

實驗程序：

1.　將十個扳動開關放至正常位置。

2.　旋燈絲選擇器（Filament Selector），燈絲回路（Filament Return）及電子管選擇器（Tube Selector）開關至表格所列之位置。

3.　依照表內扳落（Tog Down）項內所示，將扳動開關扳下。

4.　將電子管插入正確管座內。

5.　扳電源測驗——電子管測驗(Line Test–Tube Test)開關至電源測驗(Line Test)位置，以測驗電源電壓，旋電源調節器（Line Adjustment）調節電源電壓，直至電表指在 Line 度盆之中心標誌上，將 Line Test–Tube Test 開關放回 Tube–Test 位置。

TRIPLET 2413型電子管測驗器用法示範表

TUBE CHART

TUBE TYPE	KNOBS			LEVER POSITION	
	A Cir	B Fil	C Load	U Up	D Down
5W4	3	5	38	2	48
5W4 Test 2	3	5	38	2	68
5X3	3	5	43	1	34
5X3 Test 2	3	5	43	1	24
5X4	3	5	33	7	38
5X4 Test 2	3	5	33	7	58
5Y3	3	5	57	2	48
5Y3 Test 2	3	5	57	2	68
5Y4	3	5	57	8	37
5Y4 Test 2	3	5	57	8	57
5Z3	3	5	35	1	24
5Z3 Test 2	3	5	35	1	34
5Z4	3	5	27	8	24
5Z4 Test 2	3	5	27	8	26
6A3	3	6.3	28	1	4
6A4/LA	3	6.3	36	1	5
6A5	3	3.3	25	27	8
6A6	3	6.3	36	1	2347
6A6 Test 2	3	6.3	36	1	4567
6A7	3	6.3	31	1	67
6A8	3	6.3	25	2	78
6AB5	2	6.3	95	1	56
6AB5 Glo Test	4	6.3	CL	1	356
6AB5 Glo Test	4	6.3	OP	1	2356
6AB6	3	6.3	62	2	378
6AB6 Test 2	3	6.3	44	2	478
6AB7	3	6.3	23	2	57
6AC5	3	6.3	34	2	78
6AC6	3	6.3	45	2	378
6AC6 Test 2	3	6.3	35	2	478
6AC7	3	6.3	21	2	57
6AD6	2	6.3	95	2	78
(Good Tube Reads 5)					
6AD6 Glo Test	4	6.3	CL	2	78
6AD6 Glo Test	4	6.3	OP	2	3478
6AD7	3	6.3	33	2	1678
6AD7 Test 2	3	6.3	82	2	34578
6AE5	3	6.3	29	2	78
6AE6	2	6.3	33	2	378
6AE6 Test 2	2	6.3	33	2	478
6AE7	3	6.3	25	2	578
6AF5	3	6.3	24	2	78
6AF6 Glo Tests in Next Column	2	6.3	95	2	78
(Good Tube Reads 5)					

TUBE TYPE	KNOBS			LEVER POSITION	
	A Cir	B Fil	C Load	U Up	D Down
6AF6 Glo Test	4	6.3	CL	2	78
6AF6 Glo Test	4	6.3	OP	2	3478
6AG5	3	6.3	20	4	237
(Shows Short on 2 and 7)					
6AG7	3	6.3	24	2	57
6AK5	4	6.3	20	3	247
6AL6	3	6.3	24	2	78
6B4	3	6.3	28	2	7
6B5	3	6.3	63	1	256
6B5 Test 2	3	6.3	45	1	356
6B6	3	6.3	32	2	4578
6B6 Test 2	1	6.3	40	2	3478 10
6B6 Test 3	1	6.3	40	2	3578 10
6B7	3	6.3	50	1	4567
6B7 Test 2	1	6.3	40	1	23467 10
6B7 Test 3	1	6.3	40	1	23567 10
6B8	3	6.3	45	2	4578
6B8 Test 2	1	6.3	40	2	34678 10
6B8 Test 3	1	6.3	40	2	35678 10
6C4	3	6.3	26	4	37
(Shows Short on 3 and 5)					
6C5	3	6.3	35	2	78
6C6	3	6.3	31	1	56
6C7	3	6.3	33	1	4567
6C7 Test 2	1	6.3	40	1	2467 10
6C7 Test 3	1	6.3	40	1	2567 10
6C8	3	6.3	28	2	3478 10
6C8 Test 2	3	6.3	28	2	45678
6D5	3	6.3	32	2	78
6D6	3	6.3	40	1	56
6D7	3	6.3	30	1	67
6D8	3	6.3	34	2	78
6E5	2	6.3	36	1	56
6E5 Glo Test	4	6.3	CL	1	356
6E5 Glo Test	4	6.3	OP	1	2356
6E6	3	6.3	31	1	2347
6E6 Test 2	3	6.3	31	1	4567
6E7	3	6.3	30	1	67
6F5	3	6.3	30	2	78
6F6	3	6.3	32	2	78
6F7	3	6.3	43	1	4567
6F7 Test 2	3	6.3	82	1	2367 10
6F8	3	6.3	26	2	3478 10
6F8 Test 2	3	6.3	26	2	45678

6. 短路測驗(Short Test)——陰極與供熱絲間漏電：依照表內漏電或短路(Leakage or Short Test)一項所指示，旋線路選擇器(Circuit Selector)開關至H位置，將電源開關閉合，氖管即光亮；否則，表示供熱絲開路。現將陰極與供熱絲漏電 (Cathode–Heater Leakage)項內所列明之開關板上，氖管即熄滅，若有漏電電流通過陰極及供熱絲間，氖管依然閃光，尤其在較高供熱絲壓電子管內。但必要時，若要檢查陰極及供熱絲間之輕微漏電，可將靈敏度開關扳至高(High)位置上。

試完陰極與供熱絲間漏電後，將列在Cathode–Heater項內之開關悉數扳回中央，或正常位置。

7. 短路漏驗(Short Test)——其餘各電極間漏電：測驗傍熱式管或直熱式管之其餘各極間漏電時(陰與供熱絲間漏電除外)可旋電路選擇(Circuit Selector)開關至S位置。依照扳上(Toggles Up)項內所列，先將第一個號數扳動開關撥上，若氖管光亮或閃光，表示短路或漏電，將該開關撥回中央正常位置。其次將其餘號數開關照同一方法試驗之。在此測驗中，氖管之靈敏度(Sensitivity)開關必要撥至高(High)位置上。

8. 性能測驗(Quality Test)：測驗電子管漏電及短路後，依照電子管表格所列，旋電路選擇(Circuit Selector)開關至1, 2, 3或4之任一所需位置上。依照扳上(Toggles Up)項內所列，將各數字開關扳上。由電表Good–Doubtful–Bad度盆之讀數，可知該待測電子管之優劣狀況。

9. 電極開路：依照第8方法，將電表指針停留在度盆良好(Good)部份，每次將一個扳動開關撥回中央或正常位置。若任何電極開路，則當將其相對扳動開關撥回中央位時，電表指針保留不動。

10. 指示燈：七脚管座之中心，係作爲指示燈插入試驗之用，將燈絲回路(Filament Return)旋至1；依下表所列，將燈絲選擇(Filament Selector)開關旋至待測指示燈所需之正確電壓上。

燈絲選擇開關 (Fil. Sel.)	大約伏數	燈絲選擇開關 (Fil. Sel.)	大約伏數
1	0.5	12	17.5
2	0.75	13	25
3	1.0	14	35
4	1.5	15	40
5	2.0	16	50
6	2.5	17	60
7	3.0	18	70
8	5.0	19	80
9	6.0	20	90
10	7.5	21	100
11	12.0	22	110

11. 穩定管：測驗穩定管時，旋電路選擇路(Circuit Selector)至S位置。將10個扳動開關扳下，參考管底接線圖，及認明與阻力電極相接之兩插脚號數(根據標準編號)。現將與兩插脚號數相對之第一個扳動開關扳回中央，另一個扳上。若阻力電極未燒斷，氖管光亮。將兩個扳動開關扳下，再依次測驗穩定管內其他阻力電極。

SIMPSON 305 型電子管測驗器用法示範表

TUBE TYPE		FIL. SEL.	FIL. RET.	TUBE SEL.	TOG. DOWN	LEAKAGE OR SHORT TEST				QUALITY TEST	
						CATH-HTR.		INTER-ELEMENT			
						CIR. SEL.	TOG. UP	CIR. SEL.	TOGGLES UP (Separately)	CIR. SEL.	TOGGLES UP (Together)
25L6		13	2	46		H	7	S	3-4-5	1	345
25N6		13	2	41		H	7	S	3-4-5-	1	345
25S-1B5	Tri.	5	1	30				S	2-3-4-5	2	25
	Dio.1	5	1	0						3	3
	Dio.2	5	1	0						3	4
25X6	P.1	13	2	43		H	7	S	3-5	1	3
	P.2	13	2	43						1	5
25Y5	P.1	13	1	45		H	6	S	2-5	1	2
	P.2	13	1	45						1	5
25Z3		13	1	46		H	4	S	2	1	2
25Z4		13	2	47		H	7	S	5	1	5
25Z5	P.1	13	1	46		H	6	S	2-5	1	2
	P.2	13	1	46						1	5
25Z6	P.1	13	2	46		H	7	S	3-5	1	3
	P.2	13	2	46						1	5
26		4	1	36				S	2-3	1	23
27		6	1	37		H	5	S	2-3	1	23
28D7	P.1	13	1	41		H	8	S	2-3-4-5-7	2	357
	P.2	13	1	41						2	234
29	Tri.1	6	1	35		H	6	S	2-3-4	1	23
	Tri.2	6	1	35						1	24
30		5	1	32				S	2-3	2	23
30S		5	1	32				S	C-3	2	C3
31		5	1	33				S	2-3	2	23
32		5	1	32				S	C-2-3	2	C23
32L7	Rec.	14	2	46		H	7	S	3-4-5-6	1	6
	Tet.	14	2	45						1	345
33		5	1	35				S	2-3-4	2	234
34		5	1	31				S	C-2-3	2	C23
35-51		6	1	40		H	5	S	C-2-3	1	C23
35A5		14	1	46		H	8	S	2-3-6	1	236
35L6		14	2	47		H	7	S	3-4-5	1	345
35Y4		13	1	45	4	H	8	S	2	1	2
35Z3		14	1	47		H	8	S	2	1	2
35Z4		14	2	46		H	7	S	5	1	5
35Z5		14	2	42	3	H	7	S	5	1	5
35Z6	P.1	14	2	47		H	7	S	3-5	1	3
	P.2	14	2	47						1	5
36		9	1	41		H	5	S	C-2-3	1	C23
37		9	1	39		H	5	S	2-3	1	23
38		9	1	40		H	5	S	C-2-3	1	C23
39-44		9	1	37		H	5	S	C-2-3	1	C23
40		8	1	38				S	2-3	1	23
40Z5		15	2	43	3	H	7	S	5	1	5
41		9	1	43		H	6	S	2-3-4	1	234
42		9	1	43		H	6	S	2-3-4	1	234
43		13	1	46		H	6	S	2-3-4	1	234
44-39		9	1	37		H	5	S	C-2-3	1	C23
45		6	1	41				S	2-3	1	23
45Z3		15	1	45	2	H	7	S	6	1	6
45Z5		15	2	43	3	H	7	S	5	1	5
46		6	1	42				S	2-3-4	1	234
47		6	1	42				S	2-3-4	1	234
48		13	1	45		H	6	S	2-3-4	1	234
49		5	1	34				S	2-3-4	2	234
50		10	1	40				S	2-3	1	23
50A5		16	1	47		H	8	S	2-3-6	1	236
50C6		16	2	47		H	7	S	3-4-5	1	345
50L6		16	2	46		H	7	S	3-4-5	1	345

實驗 2——17　分壓器電路（無加載）

目的：

1. 研究一簡單直流分壓器電路之作用及其設計。
2. 研究無加載可變分壓器之電路裝置。

應用儀器：

1. 調節式可變直流電能供給。
2. 真空管電壓表。
3. 東南基本實驗板 No. 5。

解釋：

串連分壓器電路

歐姆定律及克希荷夫定律均可用以分析及設計分壓器電路。分壓器係採用電阻裝成最簡單或比較複什電路，以供給一個或多個加載（Loads）。本實驗係研究無加載分壓器（Unloaded Dividers），亦即表示電路不需要輸送電流至一外加載上。

圖2—67表示一最簡單分壓器，用電阻R_1及R_2串連跨接在輸入直流電壓 E 間。設 E=100伏，$R_1=75,000$歐，$R_2=25,000$歐。用真空管伏表，測出跨過R_1電壓降E_1等于75伏，跨過R_2之E_2等于25伏。因此，100伏電源即由電路分成兩較低電壓，若在電路內，加上多個電阻，並可產生較多分壓。

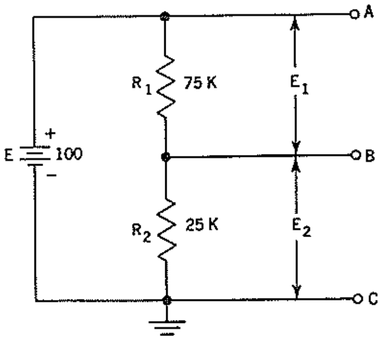


圖2—67. 直流分壓器電路。

在電路分析中，可用歐姆定律以求出分壓數值，例如在圖2—67內，電流 I 可由下式求出：

$$I=\frac{E}{R_T} \qquad (17\text{—}1)$$

E=輸入電壓，R_T=串連總阻

已知 E=100伏，$R_T=R_1+R_2=100,000$歐。

$$I=\frac{100}{100,000}=0.001\text{安}$$

現在　$E_1=I\times R_1$

及　$E_2=I\times R_2$　(17—2)

故此　$E_1=(0.001)(75,000)=75$伏。

及　$E_2=(0.001)(25,000)=25$伏。

爲求簡化起見，可應用比率公式以求出分壓器每節之電壓。現設在圖 2—68 中，I 爲電路之電流，可用以下公式求出E_1，E_2，E_3，及E_4數值：

由于 $E=I\times R_T$ (17—3)

$R_T=R_1+R_2+R_3+R_4$

因 $E_1=I\times R_1$

$E_2=I\times R_2$ (17—4)

$E_3=I\times R_3$

$E_4=I\times R_4$

現求出E_1，E_2，E_3，及E_4對E之比率，故此

$$\frac{E_1}{E}=\frac{I\times R_1}{I\times R_T}=\frac{R_1}{R_T} \quad (17—5)$$

及 $$E_1=E\times\frac{R_1}{R_T} \quad (17—6)$$

同樣 $$E_2=E\times\frac{R_2}{R_T}$$

$$E_3=E\times\frac{R_3}{R_T} \quad (17—7)$$

$$E_4=E\times\frac{R_4}{R_T}$$

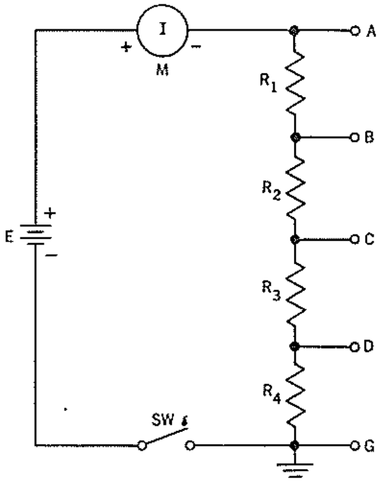


圖2—68.東南基本實驗板 No. 5—A電路。

以上公式（17—6）及（17—7）係表示：在串連電路內，跨過任意電阻之電壓等于輸入電壓乘以該電阻對總阻R_T之比率。

此公式可用以求出串連電路內任意電阻之電壓降。

例如：在圖2—67電路內：

$$E_1=E\times\frac{R_1}{R_T}=100\times\frac{75,000}{100,000}=75\text{伏。}$$

$$E_2=E\times\frac{R_2}{R_T}=100\times\frac{25,000}{100,000}=25\text{伏。}$$

同樣可用此公式以設計一分壓器；例如在圖 2—68之串連電路內，設輸入電壓E=250伏，電流 I =0.001安，跨過R_1，R_2，R_3及R_4之電壓降各爲25，50，75及100伏，求出R_1至R_4各電阻之數值。

解： 1. 先求出 R_T：

$$R_T=\frac{E}{I}=\frac{250}{0.001}=250,000\text{ 歐 。}$$

2. 其次將公式（17—6）及（17—7）變換如下：

$$R_1=\frac{E_1}{E}\times R_T$$

$$R_2=\frac{E_2}{E}\times R_T$$

$$R_3=\frac{E_3}{E}\times R_T \quad (17—8)$$

$$R_4=\frac{E_4}{E}\times R_T$$

3. 將E=250伏, E_1=25伏, E_2=50伏，E_3=75伏，E_4==100伏，及R_T=250,000

歐代入(17—8)式，可得：

$$R_1 = \frac{25}{250} \times 250,000 = 25,000 \text{ 歐}$$

$$R_2 = \frac{50}{250} \times 250,000 = 50,000 \text{ 歐}$$

$$R_3 = \frac{75}{250} \times 250,000 = 75,000 \text{ 歐}$$

$$R_4 = \frac{100}{250} \times 250,000 = 100,000 \text{歐}$$

可 變 分 壓 器 電 路

現假定裝置如圖2—67之分壓器，設總阻爲100,000歐，所需分壓 $E_1=69$伏及$E_2=31$ 伏，若用上述方法計算，可求出電路之每一阻值爲：

$R_1=69,000$歐

$R_2=31,000$歐

但配合每一電阻準確數值，殊不經濟，欲克服此項困難，可利用一電位器(Potentiometer)以代替之。電位器係一只具有三電極可變電阻，如圖2—69所示。在A—C兩電極間爲固定阻力100,000歐。中間電極B係接至電阻之旋臂，可用手調節至所需阻值。當旋臂移向A, R_1（AB）之阻力減少，R_2（BC）阻力則增加。當旋臂移向B, R_1增加，R_2則減少。當B在A時，$R_1=0, R_2=100,000$歐；當B在C時，$R_2=0,\ R_1=100,000$歐。

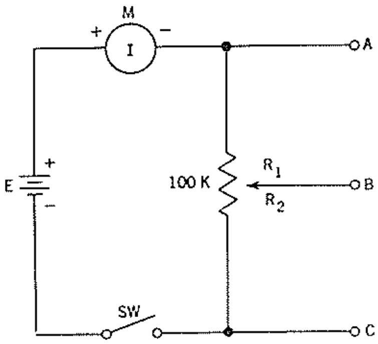


圖2—69. 東南基本實驗板 No. 5–B 電路—電位器供作一可變分壓器。

因用手調節旋臂之位置，可選擇 R_1/R_2 之比率，故可用此方法以獲得 E_1由零至總壓E之任何數值。在實用上，爲求簡便起見，可用真空管伏表跨接在電位器 B—C 間，當旋臂移動時，真空管伏表並可指出所需電壓數值。

在圖 2—70 電路內，電位器係與一個或多個電阻串連，藉以限制電壓變化範圍，使B至C間之電壓可以由25伏調節至75伏。

為求調節電壓平穩起見，一般分壓器常與一固定電阻並連，如圖2--71所示。100,000歐電位器係與100,000歐固定電阻並連，使跨過B–D間總阻等于50,000歐。于是在 A–G 電路間，相當二只50,000歐固定電阻與50,000歐電位器串連。在無加載時，C至G間電壓變化範圍，係由最大$66\frac{2}{3}$伏至最小 $33\frac{1}{3}$伏。

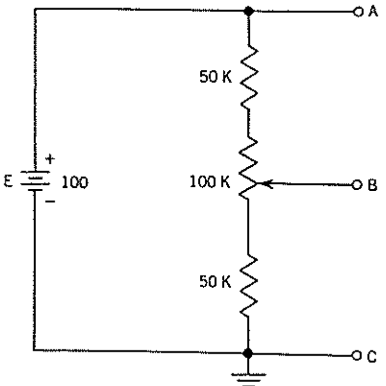


圖2–70. 限制電壓變化範圍電路。

可變分壓器常用作無線電接收機之响度控制器

(Volume Control)，電視接收機之對照控制器(Contrast Control)，電子電動機控制電路之速度控制器，及電壓調節控制器等。

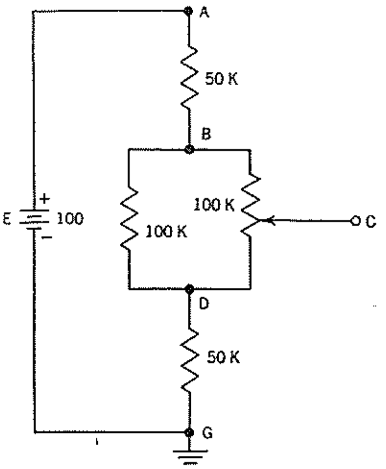


圖2—71. 可變分壓器與一固定電阻並連。

實驗程序：

1. 先將圖2—68電路研究清楚，用標明電阻數值：R_1=2,200歐，R_2=3,300歐，R_3=4,700歐及R_4=5,600歐。電源開路，M係0–10毫安表。

2. 將電能供給固定在100伏上。閉合電源開關SW，將電能輸至電路。用真空管伏表及毫安表M測量輸入電壓E，電流I及跨過R_1, R_2, R_3及R_4之相對電壓降E_1, E_2, E_3及E_4，將數值記錄在附表2—15內，並測量及記錄電壓E_{BG}, E_{CG}及E_{DG}。

3. 應用公式(17—6)及(17—7)，計算I,E_1, E_2, E_3, E_4, E_{BG},E_{CG},及E_{DG}之數值，並記錄在附表2—15第2項內，同時繳交計算稿件。

4. 調節電能供給，使毫安表指在I=0.01安度數上，測量輸入電壓E, E_1, E_2, E_3, E_4, E_{BG}, E_{CG}及E_{DG}，記錄在附表2—15第4項內。

5. 依照程序3方法，將產生測量電流I(0.01安)之輸入電壓E計算並記錄之。同樣計算電壓E_1, E_2, 等數值記錄在附表2—15第5項內，並繳交計算稿件。

附 表 2—15

程 序		E	I	E_1	E_2	E_3	E_4	E_{BG}	E_{CG}	E_{DG}
2	測 量	100								
3	計 算	——								
4	測 量		0.01							
5	計 算		——							

附 表 2—16

旋臂B位置		測量數值				計算數值
(a)	在最大A上	E	I	E_{BC}	E_{AB}	$E_{AB}+E_{BC}$
(b)	在最大之3/4上					
(c)	在中央					
(d)	在最大之1/4上					
(e)	在最小C上					

6. 將電源開路，接上圖 2—69 電路，調節電能供給至 200 伏。

7. 將開關閉合，測量電壓E及電流I，記錄在附表2—16內。其次將電位器旋臂由(a)最大位置旋至(b)最大之3/4位置，(c)大約中央位置，(d)最大之1/4位置及(d)至最小位置，並將每一位置相對電壓 E_{BC}，及 E_{AB} 測量及記錄之。

8. 電能供給保留在200伏上，調節電位器直至 $E_{BC}=90$ 伏。測量 E, I, E_{BC} 及 E_{AB} 記錄在附表 2—17 內。

附　表 2—17

測			量				計	算
E	I	E_{BC}	E_{AB}	R_{BC}	R_{AB}	R_{AC}	R_{BC}	R_{AB}
200		90						

9. 將開關開路，不變旋臂位置，測量 R_{BC}, R_{AB} 及 R_{AC} 之阻力，並記錄在附表2–17內。

10. 在附表2—17內，已知 E=200伏，電位器阻力 $R_{AC}=100{,}000$ 歐，測量電壓 $E_{BC}=90$ 伏，求出 R_{BC} 及 R_{AB} 之值記錄之，並繳交計算稿件。

討　　論：

1. 參照附表 2—15 之程序 2 及 3，將 E_1, E_2, E_3 及 E_4 之測量數值與計算數值比較之，並說明兩者之差異處。

2. 參照附表 2—15 之程序 4 及 5，將各電壓之測量及計算數值比較之，並說明兩者之差異處。

3. 說明圖 2—68 電路之電壓 E_1, E_2,等之兩種計算方法。

4. 參照附表 2—16 之實驗記錄，求出 E_{BC}/E_{AB}，及 R_{BC}/R_{AB} 之兩比率之數值，此比率是否相等？何故？

5. 參照附表 2—17，說明測量數值 R_{AB}, R_{BC} 及 R_{AC} 三者間之關係。

6. 何謂無加載分壓器？

7. 參照附表 2—17，說明當電位器旋臂移動時，測量電流 I 所產生之效應。

實驗 2——18　分壓器電路（有加載）

目　　的：

1. 研究在一直流分壓器電路上接上一加載所引起之效應。

2. 研究分壓器在規定電壓及電流條件下之設計方法。

應用儀器：

1　調節式可變電流電能供給。

1　真空管伏表。

1　東南基本實驗板 No. 5。

解　　釋：

在實驗2—17所研究之簡單直流分壓器，祇有電流通過本身電路，而未有加載電流牽引者。在電子工程上，分壓器網絡係常用作一電源，以供給電壓至牽引電流之加載(Load)上。在此情況下，當無加載之分壓器接上加載後，其原有分壓即起變化。實際變化，則視乎牽引電流數量及電路接法而定。例如在圖2—72電路內，設E爲一固定電壓電源，跨過無加載及有加載之分壓器網絡電壓，永遠保持在90伏上。當未有加載時，A, B及C對G點電壓，相對爲30，60及90伏，洩放電流（Bleeder Current）I_1爲3毫安。如圖2—73所示，當一加載電阻R_L接在分壓器B點上，即有2毫安加載電流I_L通過R_L，使A及B點之電壓發生變化，可依下法計算之：

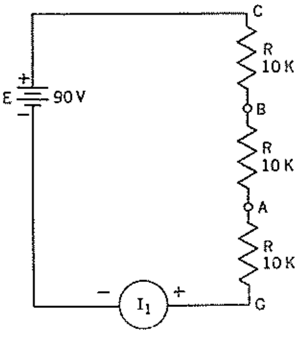


圖2—72. 無加載之分壓器。

假設加載電流爲I_L，洩放電流爲I_1，根據克希荷夫定律，可建立下式：

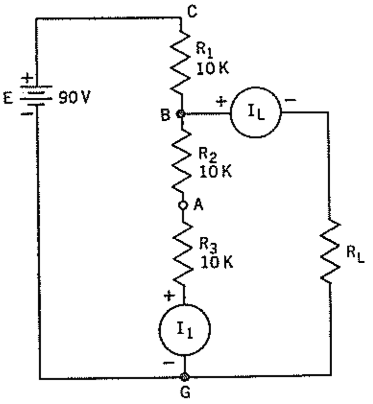


圖2—73. 接上固定加載之分壓器電路。

$$I_1(R_2+R_3)+(I_1+I_L)R_1=90 \qquad (18—1)$$

$$I_1(R_1+R_2+R_3)=90-I_L(R_1) \qquad (18—2)$$

$$I_1=\frac{90-(I_L\times R_1)}{R_1+R_2+R_3} \qquad (18—3)$$

將10,000代入R_1, R_2及$R_3, I_L=2/1,000$，可求出：

$$I_1=\frac{7}{3}\text{毫安} \qquad (18—4)$$

$$E_{AG}=I_1\ (10,000)=\frac{70}{3}=23\tfrac{1}{3}\text{伏} \qquad (18—5)$$

$$E_{BG}=46\tfrac{2}{3}\text{伏} \qquad (18—6)$$

由此可知當加載接入分壓器電路時，各分壓及洩放電流即受影响。

爲求實驗精確起見，不論在無加載或有加載情況下，必要調節供給電壓保持在一穩定值上。

實驗程序：

1. 將圖2—74電路連接，調節供給電壓E固定在10伏上。

2. 先將加載R_L由B點移開，測量洩放電流（Bleeder Current）I_1（ma）及記錄在附表2—18內。同時測量E_{BG}及E_{AG}，並記錄之。

3. 接上加載在B點上，調節R_L，以便獲得2毫安加載電流I_L，同時調節供給電壓維持在10伏上，測量及記錄I_1, E_{BG}及E_{AG}。其次將加載阻R_L移開，但切勿移動旋臂位置，測量其阻力並記錄之，然後再接回R_L。

4. 依照程序3，分別將加載電流I_L在4毫安及6毫安時所得測量數值記錄之。

5. 將實驗中每一加載情況之洩放電流I_1，電壓E_{BG}, E_{AG}及加載阻R_L計算，並記錄之。

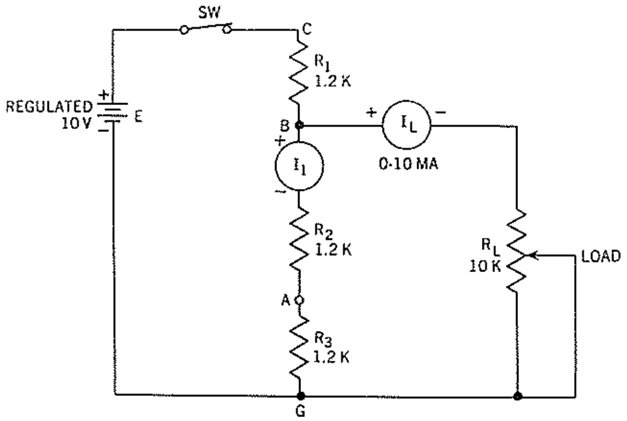


圖2—74. 東南基本實驗板 No. 5—C 電路—具有可變加載分壓器。

附　表 2—18

測量數值						計算數值			
E	I_L(加載電流毫安)	I_1 毫安	E_{BG} 伏	E_{AG} 伏	R_L 歐	I_1 毫安	E_{BG} 伏	E_{AG} 伏	R_L 歐
10	0								
10	2								
10	4								
10	6								

討　　論：

1. 參考附表2—18，當加載阻 R_L 變化時，何以加載電流 I_L 隨之而變？
2. 當加載電流增加時，洩放電流 I_1 有何效應？
3. 當加載電流增加時，在分壓接點之電壓 E_{AG} 及 E_{BG} 有何效應？
4. 將附表 2—18 之測量數值與計算數值比較之，並解釋其差異點。

實驗 2——19　非綫性電阻——熱敏電阻

目　　的：

1. 研究電流通過熱敏電阻所產生之溫度效應。
2. 決定一熱敏電阻之動的特性。

應用儀器：

1 可變直流電能供給。

2　真空管伏表。

1　東南基本實驗板 No. 6.

解　　　釋：

熱敏電阻(Thermistors)係屬于半導體(Semiconductors)大家庭中之一成員，具有兩接極，可用于交流或直流電路內。此種電阻可製成許多形狀，例如珠形，棒形，碟形，坐鉄形及盒形等，如圖 2—75 所示。

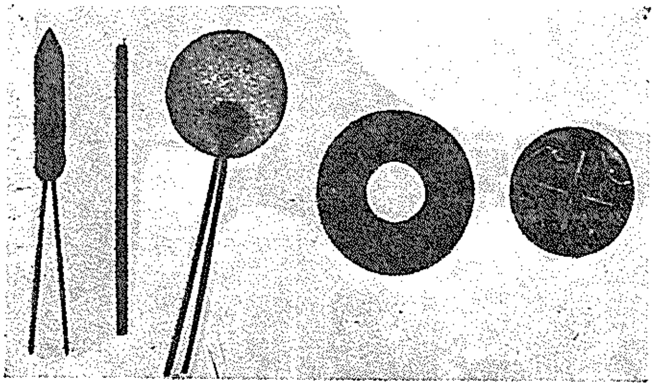


圖 2—75.　各種熱敏電阻形狀。

熱敏電阻之基本特性，係其阻力隨工作溫度變化而變化，兩者變化情形可用下式解釋之。

$$R = R_0 \times e^k$$

$$k = B\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right) \qquad (19—1)$$

上式內，R＝在任何絶對溫度 T 上之阻力。

R_0＝在參考溫度T_0(°K) 之阻力。

B＝常數，其數值係視乎熱敏阻物質而定（由在0°＋50°上之測量而決定)。

e＝2.7183（自然對數底）。

公式（ 19—1 ）表示阻力變化係非線性，故熱敏電阻又常稱爲非線性電阻（ Nonlinear resistors ），而且具有極大阻力負溫度係數；即當溫度增加，阻力反而減少，溫度降低時，阻力則增加，此種變化情形如圖2–76所示。在圖中之熱敏電阻(1)之阻力變化在500°C溫度範圍內（由—100°至

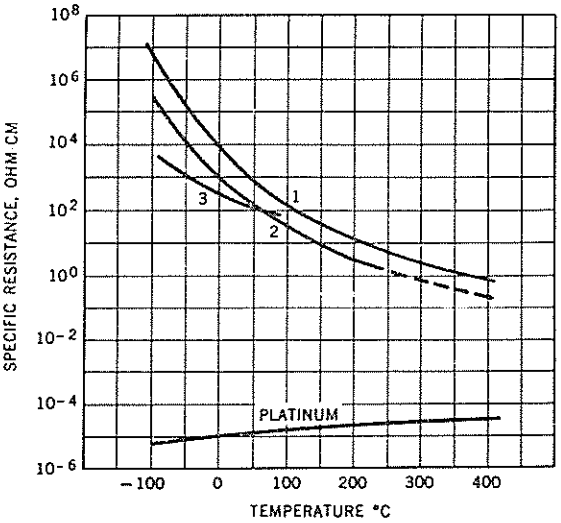


圖2—76.　三種熱敏電阻之溫度—阻力數值與白金互相比較。

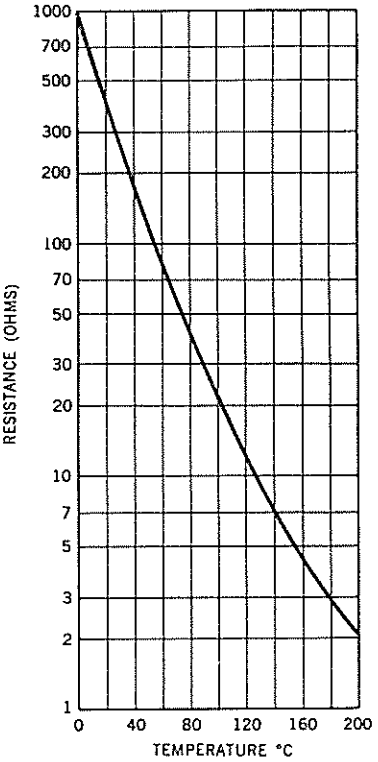


圖2—77.　另一熱敏電阻之阻力對溫度之變化情形。

400°C），係由10,000,000至1，而白金阻力變化甚微。

圖2—77係表示另一種熱敏電阻之阻力對溫度變化情形，在200°C範圍內所產生阻力變化，大約由1000歐至2歐。

熱敏電阻之阻力—溫度特性現普通應用在電子工程上，作爲電子管燈絲之保險裝置，並用作溫度測量，控制及補償。

熱敏電阻第二種特性，稱爲靜的伏—安特性(Static Volt-ampere Characteristics)，當電流通過熱敏阻時，由于自熱結果，並可獲得靜的特性，可用圖2—78電路以決定之；圖中電位器R用作限制電阻，以變化通過熱敏阻之電流，當R之阻力減少，電流I即增加，當R增加，I即減少。跨接熱敏阻之伏表，用以指示每一電流數值之伏數。在每次R變化時，電流即隨之而變，經過充份時間後，跨過熱敏阻之電壓，即達到穩定值。將穩定電壓與電流之相對數值連結，並可繪成熱敏阻之靜的I—E特性曲線，如圖2—79所示。

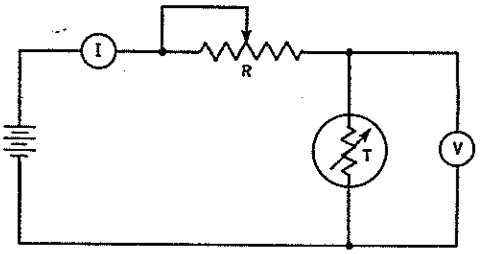


圖2—78.　決定一熱敏阻靜的I—E特性之測驗電路。

在圖2—77及圖2—79中之兩種特性曲線，均係用同一熱敏阻所測量決定。又在圖2—79之靜的I—E特性曲線上，測驗時之開始溫度爲25°C，其次爲53,73,102，等等，此即表示每次電流達到穩定值時，所測出熱敏阻之溫度。因此在0.05安上，跨過熱敏阻電壓爲11伏，溫度爲53°C，餘則類推之。

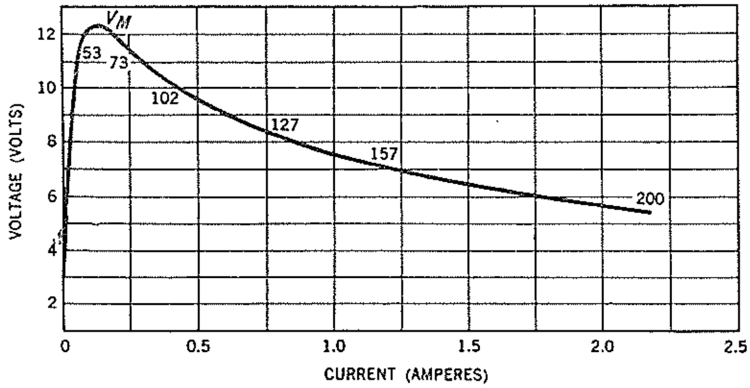


圖2—79.　熱敏阻之靜的伏—安特性曲線。

此熱敏阻之曲線在溫度53°C以下部份，由于通過電流太小，對于冷却阻力影响甚微，無充足熱量消耗，故電壓與電流之互變，當可維持線性關係。但當電流增加，熱敏阻之溫度增加，阻力即非線性降低。現時跨過熱敏阻之電壓非線性增至峯值Vm，或稱爲"自熱"(Self-heat)電壓。超出此峯值後，跨過熱敏阻電壓，即隨電流增加而成非線性下降。

熱敏阻之靜的伏—安特性可供以下各種用途：

1. 溫度警報裝置(Temperature Alarm Devices)
2. 高溫表(Pyrometer)
3. 開關裝置(Switching Devices)
4. 電壓波動裝置(Voltage Surge Devices)
5. 氣體探測器(Gas Detectors)
6. 液體或氣體流動表(Liquids or Gases Flow Meter)

熱敏阻對于一外便電路變化，必需一相當時間，始能引起反應。因此，當通過電敏阻之電流突由某一數值變至另一數值時，不會引起溫度及阻力發生瞬變。

體積較小熱敏阻之溫度變化比體積大者較快。

圖 2—80 之電路，係用以測驗熱敏阻動的特性，e 係一交流電能供給，其輸出可以調節，R_L 係加載阻，並用一真空管伏表跨接 R_L 以測量其電壓降。當開關 S 閉路之一瞬間，熱敏阻之冷阻力及加載阻 R_L 即組成一分壓器電路。電流開始通過時，熱敏阻之溫度增加，阻力隨之而減，使跨過加載阻之電源電壓較大，經過一固定時間後，電路已達到穩定。亦即表示熱敏阻之阻力已穩定，使跨過加載之電壓變成常數。

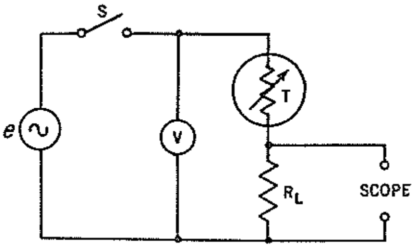


圖2—80.　熱敏阻動的特性測驗電路。

圖 2—81 係表示一熱敏阻在兩種不同數值之供給電壓及加載阻之動的特性曲線，當用 48 伏輸入電壓及 17 歐加載阻時，加載電壓大約在 75 秒內達到穩定。若用 115 伏輸入及 50 歐加載阻，穩定需時 15 秒左右。

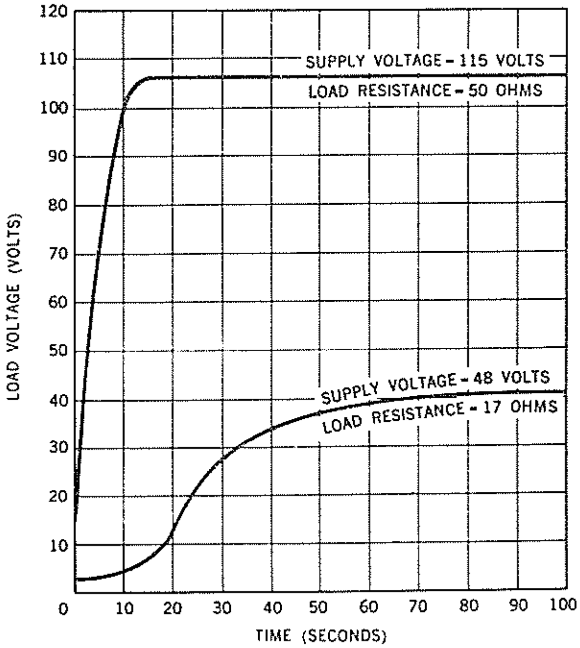


圖 2—81.——熱敏阻之動的特性。

熱敏阻之動的特性，可用在擴音機之伸縮器(Expandors and Compressors)開關裝置內，電壓波動吸收器(Voltage-surge absorbers)，及低頻負電阻裝置內(Low-frequency negative-resistance devices)。

本實驗係先觀察一熱敏阻，由自熱使溫度增加所引起阻力效應。其次測驗熱敏阻之動的特性。

實驗程序：

1. 測量熱敏阻之冷阻力數值，記錄在附表 2—19。

2. 將圖 2—82電路連接。將開關開路，調節電能供給至 56 伏（交流有效值）。

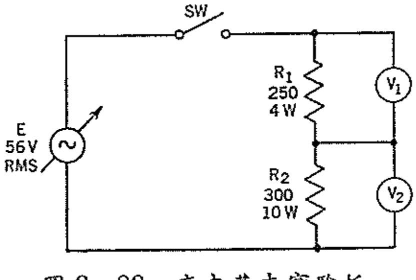


圖 2—82. 東南基本實驗板 No. 6-A 電路。

3. 將開關閉合。校準電能供給電壓在 56 伏上。測量跨過 R_1 電壓 E_{R1} 及跨過 R_2 電壓 E_{R2}，並記錄在附表 2—19 內。

4. 當電能供給電壓輸至電路已達 5 分鐘，立即測量 E_{R1}，及 E_{R2}，並記錄在附表 2—19 內。

5. 將開關開路。

動的特性測驗。

6. 將 R_1 移去，並以熱敏阻 T 代替接入電路內

如圖 2—83 所示。

7. 調節交流電能供給電壓在 28 伏上。

8. 將開關閉合，測量 t=0，t =15 秒……直至 t = 5 分鐘之 E_T 及 E_{R2}，並記錄在附表 2—19 內。輸入電壓務要固定在 28 伏上。

附　表 2—19　熱敏阻特性資料

程序	熱敏阻之阻力	×	0	15秒	30秒	45秒	1分	$1\frac{1}{2}$分	2分	$2\frac{1}{2}$分	3分	4分	5分	輸入電壓
1		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0
3, 4	×	E_{R1}		×	×	×	×	×	×	×	×	×		56
		E_{R2}		×	×	×	×	×	×	×	×	×		
8	×	E_T												28
		E_{R2}												
9		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0
12	×	E_T												56
		E_{R2}												
13		×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0

9. 將開關開路，迅速移開熱敏阻，立即測量其熱阻力，並記錄在附表 2—19 內。

10. 待熱敏阻冷卻至十分鐘，再接回圖 2–83 電路內。

11. 將電能供給由 28 伏旋至 56 伏。

12. 依照程序 8 重作一次，輸入電壓務要固定在56伏上。

13. 依照程序 9 重作一次。

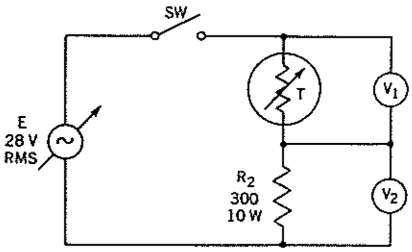


圖 2—83.　東南基本實驗板 No. 6—B電路。

討　　論：

1. 何謂負溫度係數 (Negative Temperature Coefficient) ?
   及何謂正溫度係數 (Positive Temperature Coefficient) ?
2. 何謂熱敏阻之溫度係數？
3. 如何求出熱敏阻之溫度對阻力特性？時間是否包括在內？
4. 何謂熱敏阻之動的特性。
5. 依照附表 2—19 所列，若不用測驗方法，應如何計算熱敏阻之熱阻力。
6. 在圖 2—83 電路內，當熱敏阻工作五分鐘後，計算(a)輸入電壓28伏及(b)輸入電壓 56 伏時之熱阻力，兩者數值有何偏差？
7. 在任何時間內，跨過熱敏阻之電壓及跨過限制電阻 R_2 電壓有何關係？
8. 依照附表2—19之資料，計出：
   a. 通過熱敏阻之最大電流。
   b. 最小電流。並繳交計算稿件。

實驗 2——20 平衡橋電路

目的：

1. 研究平衡橋電路之特性。
2. 利用平衡橋原理以測量阻力。

應用儀器：

1 電壓調節式可變直流電能供給。
1 真空管伏表。
1 十進阻力箱。
1 東南基本實驗板 No. 7.

解釋：

一般萬用電表及電子伏表，除測量電流及電壓外，均可用作歐表（Ohmmeter），以測量電路之阻力。但用電橋（Bridge）測量阻力，其準確程度比歐表較高。阻力橋(Resistance Bridge)最通用者爲威斯呑橋（Wheatstone Bridge），如圖 2—84 所示。電路係由四個電阻所組成，待測電阻 Rx 係接在 C–D 間，R_1及R_2係固定電阻，稱爲比率臂（Ratio Arms），R_3係一可變阻力稱爲標準臂（Standard Arm）。指示器係一高靈敏中心零位電流計 G（Galvanometer），或用電子伏表代替之。當 A–C 間發生電位差時，即有電流通過G。當 A–C 間電位差等于零時，即 $E_{AC}=O$，電流針之指針即擺回中心零位上，此時即表示阻力橋達到平衡狀況。

在圖 2—84 電路內，設 I_1 乘以 R_1 等于由 A至B 間電壓，即係：

$$E_{AB}=I_1\ R_1$$

同樣 $$E_{AD}=I_2\ R_2$$

$$E_{C_B}=I_3\ R_3 \qquad (21—1)$$

及 $$E_{CD}=I_X\ R_X$$

欲獲得平衡（$E_{AC}=O$），A至B間之電壓必要等于 C 至 B 間電壓，亦即係，

$$E_{AB}=E_{CB} \qquad (20—2)$$

故此，$I_1R_1=I_3R_3$及

$$\frac{I_1}{I_3}=\frac{R_3}{R_1} \qquad (20—3)$$

同樣 $$E_{AD}=E_{CD}$$

$$\frac{I_2}{I_X}=\frac{R_X}{R_2} \qquad (20—4)$$

在平衡上，無電流通過G，故

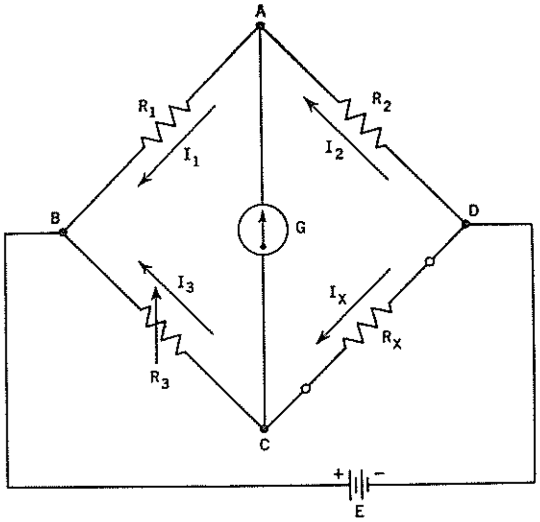


圖 2—84. 威斯呑橋測量未知阻力Rx。

$$I_1 = I_2$$

及 $$I_3 = I_x \qquad (20\text{—}5)$$

將公式（20—5）代入公式（20—3）及（20—4），可得：

$$\frac{I_1}{I_x} = \frac{R_3}{R_1}$$

及 $$\frac{I_1}{I_x} = \frac{R_x}{R_2} \qquad (20\text{—}6)$$

故此 $$\frac{R_x}{R_2} = \frac{R_3}{R_1} \qquad (20\text{—}7)$$

及 $$R_x = \left(\frac{R_2}{R_1}\right) \times R_3 \qquad (20\text{—}8)$$

基本公式（20—8）係表明在平衡時，待測阻力 Rx 係等于比率臂之比率（R_2/R_1）與標準臂 R_3 相乘之積。當 $R_1=R_2$ 即比率 $R_2/R_1=1$，並可獲得最大準確度及靈敏度；同時調節 R_3 至平衡，使 $R_x=R_3$，若 R_3 係一高度準確十進阻力箱，則 Rx 之值可直接由 R_3 阻力箱之校準度盒上讀出。

在情況 $R_2/R_1=1$ 中，待測電阻 Rx 範圍對電位器 R_3 變化範圍會受到限制，故當 R_3 之最大阻力等于 10,000 時，待測阻力數值大過10,000，則不能測量。欲克服此項限制，必須用一範圍開關，以選擇所需比率臂（Ratio Arms）。因此，若 $R_2/R_1=3$, 待測阻力 Rx 最大值等于 $3R_3$，餘則類推之。

實驗程序：

1. 將圖 2—85 之電路連接。S_1及S_2開路。調節供給電能 E=6 伏。旋十進阻力箱 R_3 至最大值10,000歐，M 係中心零位電流計，（可用 20000 歐/伏萬用表之50微安範圍或用電子伏表代替之）。R_4 係用在最初調節時以減低 M 之靈敏度。

2. 將待測電阻 Rx 接在 C 及 D 間 (Rx 之值要在 560 歐至10,000歐之間)。將 S_1 閉合，S_2 依然開路，電表指針即向右方擺動。

3. 將 R_3 阻力減低，直至 M 指針擺回中心零位上，現將 S_2 閉合，在必要時，可再調節 R_3 使 M 讀數爲零。由校準阻力箱之度盆上讀出Rx之數值及記錄在附表 2-20 內，同時記錄 Rx 之顏色標誌及規定容差率。

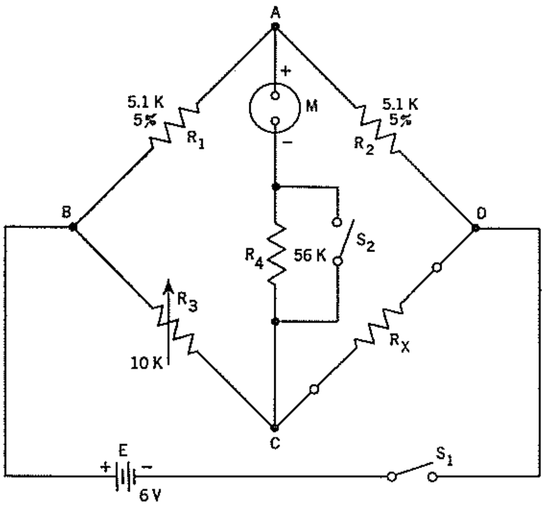


圖 2—85. 東南基本實驗板 No. 7–A 之電路。

附表 2—20

電　　阻　No.	1	2	3	4	5	6
標明(色符)數值						
容　差　率　%						
測　量　數　值						

4. 將 S_1 及 S_2 開路，旋 R_3 至最大值。移開第一 Rx, 依照程序 2 及 3，分次測量第二，第三，第四，第五及第六 Rx, 將每次結果記錄在附表 2—20 內。

5 採用同一R_3 作爲標準臂，設計一電橋電路以測量下列阻力：

a. 50,000歐（大約）以下。

b. 250,000歐（大約）以下。

繪製 a 及 b 之電路圖，列明在電橋內各零件之數值。

討　　論：

1. 在實驗阻力橋內，如何決定測量之準確性？
2. 在實驗中，何以需用一個極靈敏電流計作爲指示器？
3. 電壓E之用途何在？

實驗 2——21　最大功率輸送

目　　的：

用實驗決定由一直流電源輸送至一加載之最大功率。

應用儀器：

1　調節式可變直流電源供給。

1　真空管伏表。

1　東南基本實驗板 No. 7.

1　十進阻力箱。

解　　釋：

功率（Power）係表示作功之率（Rate of doing work）。在電學上，功率之單位爲瓦特W（Watt）。在一阻力 R 上之直流功率W，與跨過阻力 R 之電壓E及通過 R 之電流 I，三者間之關係，可用下式求出之：

$$W = E \times I = I^2R = \frac{E^2}{R} \qquad (21-1)$$

輸出電功率至一加載R_L（Load）上，係包括有電能供給 E，及 E 與加載阻 R_L 間之網絡電路。現設有一簡單電路具有一發電機E，其內阻爲 R，輸送功率至一加載阻 R_L，則在

R_L 上之電流 I，可由下式求出之：

$$I = \frac{E}{R+R_L} \qquad (21-2)$$

現將上式代入功率公式 I^2R 可求出在 R_L 內所產生之電功率：

$$P_L = I^2R = \left(\frac{E}{R+R_L}\right)^2 \times R_L = \frac{E^2R_L}{(R+R_L)^2} \qquad (21-3)$$

若E為一具有固定內阻之常數電源，欲輸送最大功率由E至 R_L，可用實驗方法，求出所需 R_L 之值。設 E = 100 伏，R = 100歐，R_L 則用附表 2—21所列之一連串數值，功率 W 可用公式（21—3）計出，亦同樣列在附表內。

附　表 2—21

R_L (歐)	$R+R_L$ (歐)	$W=\frac{E^2R_L}{(R+R_L)^2}$ (瓦特)	R_L (歐)	$R+R_L$ (歐)	$W=\frac{E^2R_L}{(R+R_L)^2}$ (瓦特)
0	100	0	120	220	24.8
10	110	8.26	130	230	24.6
20	120	13.9	140	240	24.2+
30	130	17.7	150	250	23.9+
40	140	20.4	200	300	22.2
50	150	22.2	400	500	16
60	160	23.4	600	700	12.25
70	170	24.2	800	900	9.87
80	180	24.7	1,000	1,100	8.26
90	190	24.9	10,000	10,100	0.98
100	200	25	100,000	100,100	0.099
110	210	24.9			

附表指示出當 R_L 由 0 增至 100 歐，在 R_L 所消耗之瓦特則由 0 增至最大 25。當 R_L 由 100 增至 100,000 歐，輸送至 R_L 瓦特則由最大 25 降至 0.099。由此可知在一電路內，當加載阻 R_L 等於發電機之內阻 R 時，輸送功率為最大。因此在一直流電路內，控制最大功率輸送至一加載之定律可訂明如下：

"當一加載阻等於發電機之內阻時，發電機可輸送一最大功率至該加載上。"

實驗程序：

1.　先將圖 2—86 之電路連接。E 係一電壓調節式電能供給，R 為一1000歐電阻，R_L

可用一十進阻力箱或一10,000歐電位器。雙刀雙擲開關用以將加載開路，使阻力 R_L 完全與 E 分離，以利便調節及測量。旋E =10 伏固定電平上。

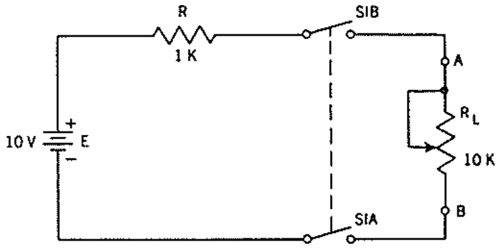


圖2—86. 東南基本實驗扳 No. 7—B 之電路。

2. 將開關 S_1 開路，調節 R_L 等於0歐，可用歐表測量之。將 S_1 閉合，用真空管伏表測量跨過 R_L 之電壓 E_L 記錄在附表 2—22內。

3. 將 S_1 開路。調節 R_L 及測量其數值等於100 歐。將 S_1 閉路，用真空管伏表測量跨過 R_L 間之電壓 E_L，並記錄在附表 2—22

附 表 2—22

R_L (歐)	$R+R_L$ (歐)	E_L (伏)	$W = \frac{E_L^2}{R_L}$ (毫瓦)	$W = \frac{E^2 R_L}{(R+R_L)^2}$ (毫 瓦)
0				
·100				
200				
400				
600				
800				
850				
900				
950				
1,000				
1,100				
1,200				
1,500				
1,700				
2,000				
4,000				
6,000				
8,000				
10,000				

內。

4. 依照程序3依次調節R_L至附表所列各數值。將每次測量結果記錄之。

5. 將每次E_L及R_L之測量數值代入公式$W=E_L{}^2/R_L$，求出在R_L之功率。將W之單位變換爲毫瓦(Milliwatts)及記錄在附表2—22內。交出計算稿件。

6. 現用公式$W=E^2R_L/(R+R_L)^2$，計算W，將W變換毫瓦及記錄在附表2—22內。交出計算稿件。

7. 以R_L作橫軸，W作縱軸，繪出W對R_L之互變曲线。

討　　論：

1. 在附表2—22內，何以用兩種不同方法計算W之值作爲比較？若兩數值根本不同，試解釋之。

2. 在實驗中，對最大功率輸送之R_L數值爲何？

3. 在附表2—22之測量及計算，可否証明最大功率輸送之定律？並說明任何意外結果。

4. 在圖2—86內，何以跨過R_L電壓隨R_L而變？在R_L內之電流又如何？

實驗2——22　電子示波器之用法

目　　的：

1. 認識示波器各控制器之功用。

2. 熟練示波器之調節技術。

3. 用示波器觀察交流電壓之波形。

應用儀器：

1 RKAWO-33A電子示波器。

解　　釋：

陰極射线示波器(Cathode-Ray Oscilloscope)，又稱電子示波器(Electronic Oscilloscope)，爲電子工程學上之最精確測驗儀器。其主要用途係代替伏表，測量電路內之交流電壓，並顯出波形在銀幕上。

示波器顯出交流電壓變化之曲线圖形，係隨時間而繪出。曲线之水平軸(Horizontal axis)代表時間，垂直軸(Vertical axis)則代表電壓之振幅。若交流電壓爲正弦波(Sine Wave)，所顯出之波形如圖2—87所示。

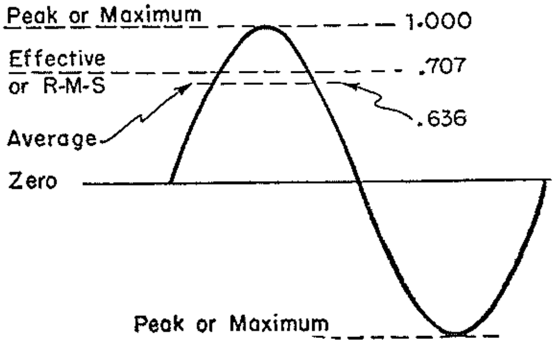


圖2—87. 正弦波電壓及電流之數值。

正弦波交流電之振幅(Amplitude)

係等于正半週或負半週之最大值，或稱峯值（Peak Value），其餘數值規定如下：

峯值或最大值 ×0.707＝有效值或根均方值(Effective or R-M-S Value)。

峯值或最大值 ×0.636＝平均值（Average Value）。

有效值或根均方值×1.414＝峯值或最大值。

有效值或根均方值×0.9 ＝平均值。

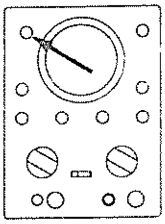
平均值 ×1.57 ＝峯值或最大值。

平均值 ×1.11 ＝有效或根均方值。

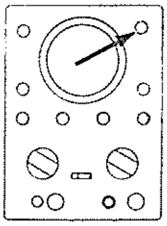
峯值 ×2 ＝峯至峯值（Peak To Peak Value）。

香港及九龍之交流電均係每秒50週或赫（50 Cycles or Hertz Per Second），示波器顯出每週之波形需時1/50秒。

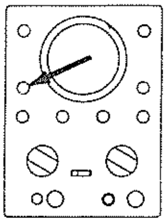
在未運用示波器之前，必須認識各控制器及開關之功用。圖2—88爲本實驗所用之3吋銀幕示波器之外型，現將其正面板各控制器之功用分述於下：



←電源開關兼亮度（OFF-INTENSITY）——將電源輸入，再依順時針方向旋轉，可增加陰極射管銀幕光跡之亮度，爲防止銀幕燒毀起見，用此控制器時，以調節光亮至可見程度爲最安全。尤其是對明亮固定光跡圖形，切不可停留在銀幕上太久，在可能範圍內務要將圖形移動。



←聚焦（FOCUS）——配合亮度控制器之位置，調節光跡至最尖銳玲瓏爲止。



←垂直定位(V POS)—調節光跡之垂直位置(Vertical Position)。

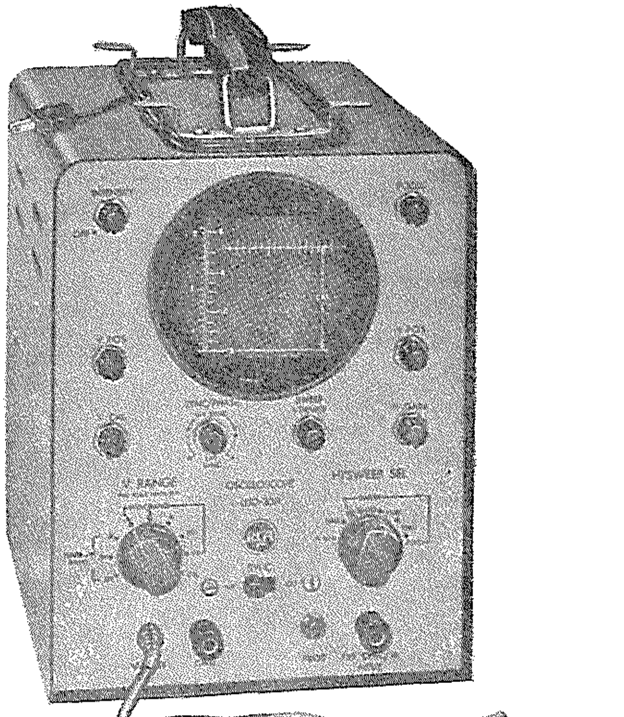
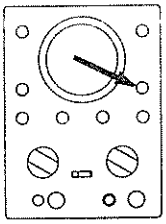
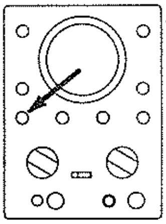


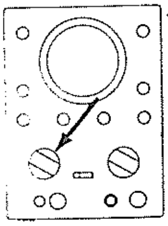
圖2—88. 3吋銀幕示波器之外型。



← 水平定位(H POS)——調節光跡之水平位置(Horizontal Position)。

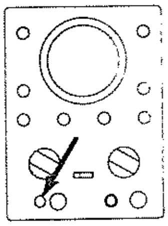


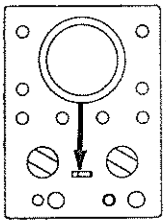
← 垂直增益及較準(V CAL)-調節垂直放大器之靈敏度，藉以增減光跡之高度，並校準垂直放大器與垂直範圍開關之相對位置。



← 垂直範圍(V RANGE)—— 調節垂直放大器綜合靈敏度在“3 對 1”步驟內，自動由“.2”至“.6”位置變換垂直放大器之頻段濶度。在“CAL”位置上，垂直放大器與輸入接合器開路，及輸入一校準電壓，用以調節“V-CAL”控制器，使光跡獲得全銀幕偏移。

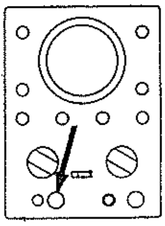
垂直輸入(V INPUT)——將輸入 → 信號經衰減器饋至垂直放大器。

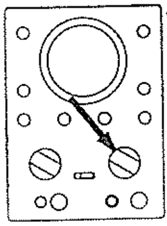




← 同步(SYNC)——選擇同步信號(Synchronizing Signal)電源，由內部(INT)或由外部(EXT)注入。

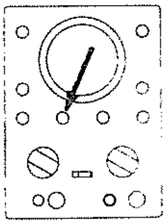
地(GND)—— 直接與底板及外殼 → 連接。

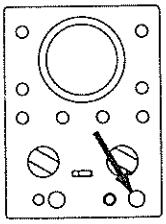




←水平掃動選擇(H / SWEEP SEL)——(1)將選擇開關扳至水平輸入(H IN)端，係將水平信號直接輸入水平放大器；(2)扳至電源(Line)位置，係供給 50 赫 / 秒正弦波掃動電壓；(3)扳至掃動(Sweep)位置，可供四個頻段掃動信號，同時調節微調控制器並可獲得所需掃動頻率。

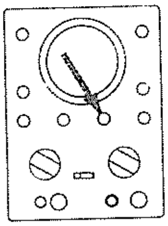
同步 / 相位(SYNC / PHASE)——控制同步電壓之振 → 幅輸至掃動振盪器柵極上；調節直至波形固定在銀幕上為止。由零旋至中央位置，係調節內同步電壓，再依順時針方向旋轉，可調節外同步電壓。同樣，當水平掃動選擇開關扳在“LINE”位置，可控制正弦波掃動電壓之相位。

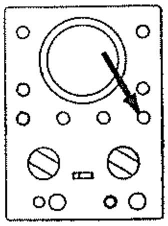




← 外同步/水平輸入(EXT SYNC/H INPUT)——供給掃動振盪器之外同步信號可由此插口及地插口間輸入，“Sync”開關同時扳至“Ext”位置。又當“H/SWEEP SEL”開關扳在“H IN”位置，可選用所需掃動信號經此插口及地插口間輸至水平放大器，正向信號可將光點偏移至右方，負向信號則將光點偏移至左方。

掃動微調(SWEEP VERNIER)——當“H/SWEEP SEL”→扳至某一頻段上，例如15—150，或150—1500，或1500—15KC，或 15KC—75KC，旋微調控制器，並可獲得該頻段內所需掃動頻率。





←水平增益(H GAIN)——調節水平放大器之增益及變動橫過銀幕之水平光綫之長度，在應用時切勿旋至最小，以免顯出一明亮光點，將陰極射線管之熒光幕燒毀而成盲點。

實驗程序：

應用示波器之準備

1. 將聚焦(FOCUS)控制器旋至中點位置。
2. 將垂直定位(V POS)及水平定位(H POS)控制器旋至中心位置。
3. 旋垂直增益(V CAL)控制器至最小，旋水平增益(H GAIN)至中點位置。
4. 旋微調(SWEEP VERNIER)及同步(SYNC/PHASE)控制器至最小位置。
5. 扳水平掃動選擇開關(H/SWEEP SEL)至150—1500位置上。
6. 扳同步(SYNC)信號開關至內部(INT)位置。
7. 將示波器背後之電源綫接入105—125伏，50—至60赫插口內。
8. 將亮度(INTENSITY)控制器，由"off"位置依順時針方向旋轉，聽到"的"一聲，表示電源已閉合，等待示波器熱至大約半分鐘。
9. 依順時針方向，旋轉亮度控制器，直至見到一條水平光綫橫過銀幕為止。此時因未經聚焦，光綫粗濶，如圖2—89所示

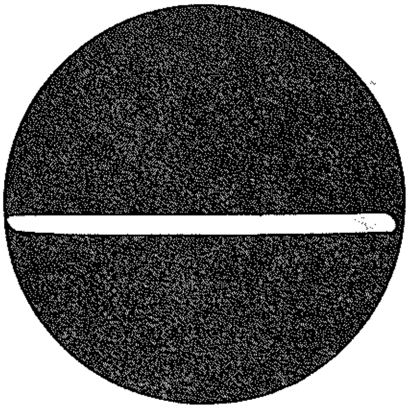


圖2—89. 未聚焦光綫

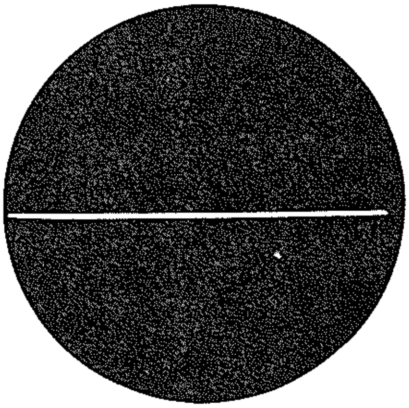


圖2—90. 聚焦光綫

10. 調節聚焦控制器(FOCUS)，直至顯出一條最尖銳最玲瓏及厚度均勻之光綫為止，如圖2—90所示。
11. 若發現光綫太強時，可調節亮度控制器，直至光綫強度最柔和為止，但同時要將聚焦再次調節，使柔和光綫達到最尖銳(此即表示亮度及聚焦每次必要配合調節)。
12. 若光綫過長，末端不見，係水平增益控制器旋至過高，可減低水平增益，直至見到光綫兩端為止。

定位控制器之調節

13. 若光綫不能集中在銀幕之中央，必要運用垂直及水平定位控制器以調節之。先將水平定位器向右旋動，將光綫偏移於銀幕右方如圖2—91所示。
14. 將水平定位器向左旋動，將光綫偏移於銀幕左方，如圖2—92所示。

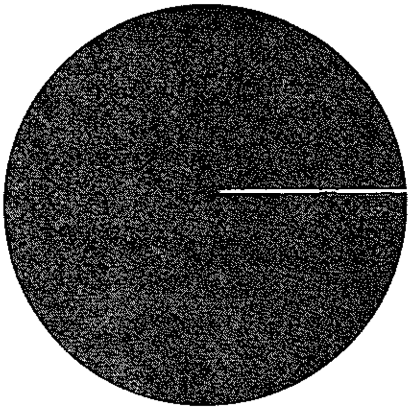


圖 2－91. 光綫位置偏移至右方

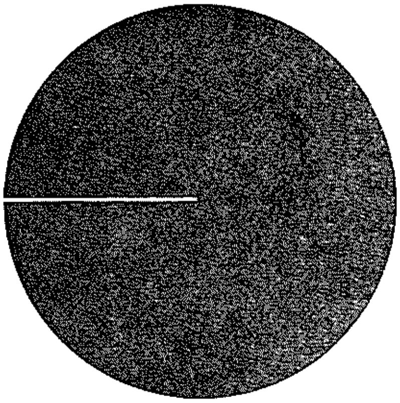


圖 2－92. 光綫位置偏移至左方

15. 旋水平定位器，將光綫移回中央部份，向右旋垂直定位器，將光綫偏移至銀幕頂部如圖 2－93 所示。

16. 向左旋垂直定位器，將光綫偏移至銀幕底部，如圖 2—94 所示。

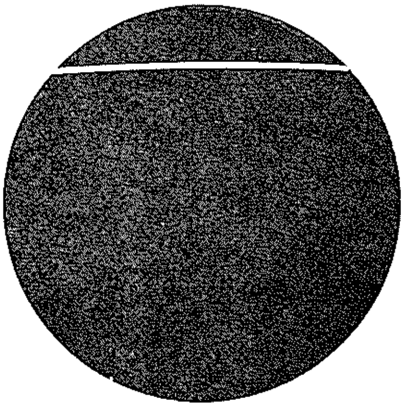


圖 2—93. 光綫位置偏移於頂部

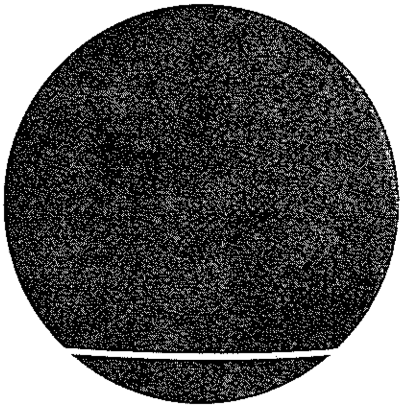


圖 2－94. 光綫位置偏移至底部

16. 同時將兩定位器轉動，調節光綫至銀幕任何位置上，然後回復在正確位置上，如圖 2－90 所示。

顯出正弦波交流電壓之波形

17. 將水平掃動選擇開關(H/SWEEP SEL)旋至 15－150 赫頻段上。將垂直範圍（V RANGE)旋至"CAL"位置上，表示有一內部校準50赫交流電壓輸至垂直放大器輸入電路。

18. 此時銀幕即顯出不規則之變動波形，如圖 95b.所示。調節垂直增益（V CAL)使波形在銀幕一半或 3/4 高度内移動。

19. 將同步開關（SYNC）扳至內部（INT）位置。

20. 將同步/相位（SYNC/PHASE）控制器旋至中點位置（輸入同步電壓最小）。

21. 調節掃動微調（SWEEP VERNIER），使銀幕顯出交流電（50赫）一個週波，

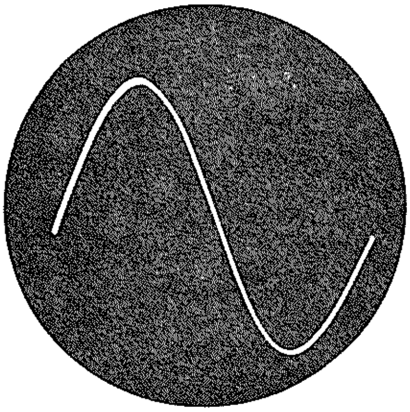


圖 2—95a.　50赫交流電波同步在50赫掃動頻率上。

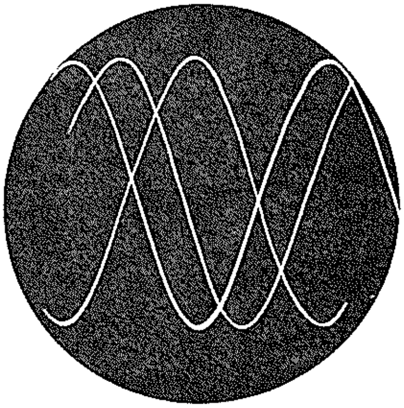


圖 2—95b.　一個50赫交流電波接近至50赫掃動頻率。

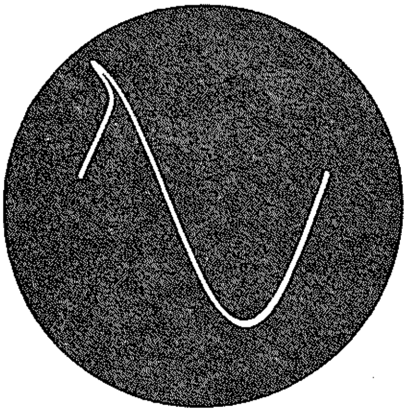


圖 2—96　一個50赫交流電波過量同步在一個50赫掃動頻率上。

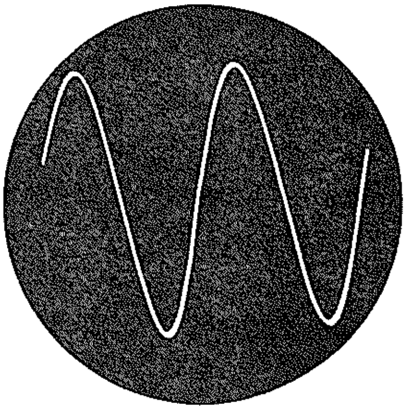


圖 2—97　一個50赫交流電波同步同一個30赫掃動頻率上。

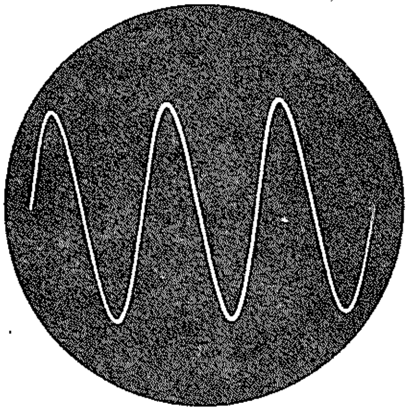


圖 2—98　一個50赫交流電波同步在一個16.2/3赫掃動頻率上。

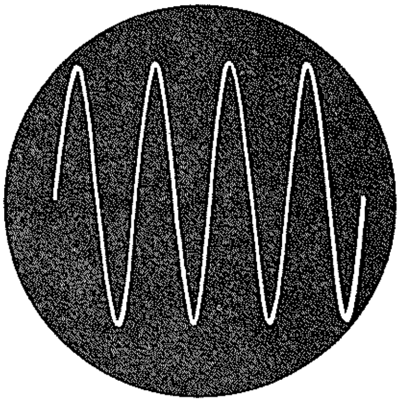


圖 2—99　一個50赫交流電波同步在一個12.5赫掃動頻率上。

橫過銀幕移動，如圖 2—95a 所示。

22. 小心調節微調，使交流週波慢慢移動。

23. 將同步/相位控制器向左或向右旋轉，增加同步信號(50赫)振幅，直至電波"鎖定"爲止，如圖 2—95a 所示。此時表示輸入 50赫交流電壓，獲得正確內部同步效應。若內同步電壓過強，可使波形失真，如圖 2—96 所示。

24. 分次調節微調及同步/相位，選擇兩個，三個及四個電波鎖定在銀幕上，如圖 2—97，2—98 及 2—99 所示。

25. 依照程序 1—24，重作若干次，直至運用熟練爲止。

討　　論：

1. 當波形已獲得同步後，若將垂直增益控制器(V/CAL)之位置向左或向右變動，說明同步效應有何影响？

2. 輸入信號固定在 50 赫上，當變動微調時，波形有何變動？若保持波形穩定，同步控制器需要再次調節否？

3. 列出示波器之控制器名稱，以何者能夠影响：(A)波形高度；(B)光跡之長度；(C)光跡之亮度；(D)光跡之尖銳；(E)光跡之位置；(F)波形之穩定。

4. 說明 H/SWEEP SEL開關每一位置之功用。

5. 應用示波器時，切勿調節一極強光點顯現在銀幕任何位置上(如圖 2—100 所示)，試說明其理。

6. 列出互相發生作用之控制器名稱，並說明彼此間互相作用之效果。

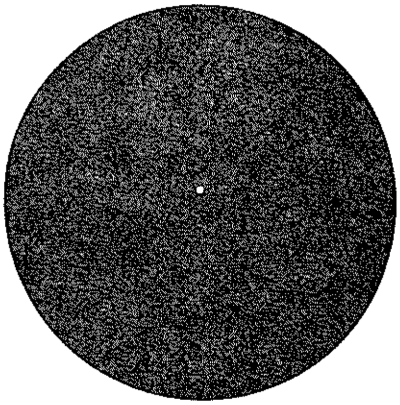


圖 2—100. 切勿調節一極強光點顯現在熒光幕上。

實驗 2——23 用電子示波器觀察信號產生器之波形

目 的：

1. 熱練運用電子示波器之垂直輸入探針。
2. 對電子示波器之垂直及水平放大器加深認識。
3. 觀察信號產生器之輸出頻率及波形。

應用儀器：

1 — RCA WO-33A 3吋電子示波器。
1 — RCA WR-50B 射頻信號產生器。
1 — RCA WA-44C 聲頻信號產生器。

解 釋：

在實驗 2—22 所用之 RCA WO-33A 電子示波器係具有一垂直輸入探針。探針裝有三引线夾：黑线夾用作接地；藍綫夾用作直接測量；黄綫夾則與一高阻抗網路串連，可將示波器輸入容電量減至10微微法，及將輸入阻力增至10兆歐，以便用作測量高阻抗電路時，減輕引起分流作用，以維持準確程度。

當垂直輸入探針用黄綫夾測量時，即將輸入信號減低至1/10，故指示出之交流電壓數值必要以 10 乘之，亦即比藍綫夾直接測量數值大 10 倍。

圖 2—101 爲RCA WR-50B 型射頻信號產生器 (Radio Frequency Signal Generator)，現將各控制器之功用說明如下：

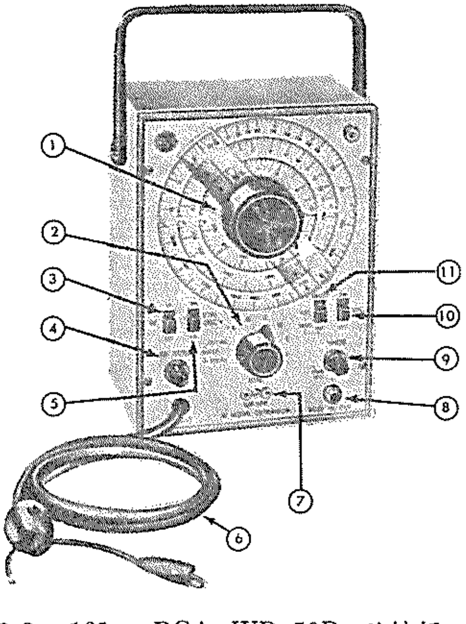


圖 2—101. RCA WR-50B 型射頻信號產生器。

(1) 調諧度盆(Tuning Dial)—調諧六個頻段(A至F)所需正確頻率。

(2) 頻段開關(Range Switch)—選擇455千赫或10.7兆赫掃動(Sweep)，及六個頻段(A至F)之頻率。

(3) 射頻，高/低(RF HI/LO)—當旋至LO位置可衰減射頻(包括VFO，晶體，及掃動)之輸出。

(4) 射頻衰減(RF ATTEN)—供作射頻衰減細微調節。

(5) 晶體振蕩器，高/低(XTAL OSC HI/LO)—衰減晶體振蕩器之輸出。

(6) 射頻輸出(RF OUT)—射頻輸出线。

(7) 晶體(XTAL)—晶體之插座。

(8) 調制輸入輸出(MOD IN/OUT)—當MOD開關(11)扳在"外"("EXT")位置，外來調

制信號可經此插口輸入。又當 MOD 開關扳在“INT”位置，可供給 400 赫聲頻輸出。

(9) 電源開關/調制百分數(PWR OFF/% MOD)－將開關依順時針方向轉動，即將電源閉合，並可調節調制百分數及 400 赫聲頻輸出電平。

(10) 可變頻率振蕩器，閉合/開路(VFO ON/OFF)－扳動開關可將可變頻率振蕩器閉合及開路。

(11) 掃動/內調制/外調制(SWEEP/INT MOD/EXT MOD)－係具有三個位置開關：

SWEEP－當頻段開關扳在 10.7 兆赫及 455 千赫掃動位置時，即供給隱蔽回掃之調頻信號輸出。

EXT MOD－將外來調幅信號輸至 VFO 或晶體振蕩器內。

INT MOD－利用內部 400 赫聲頻信號，將 VFO 或晶體振蕩器調幅。

圖 2－102 爲 RCA WA-44C 正弦/平方波聲頻信號產生器(Sine/Square Wave Audio Generator)之外型，現將其正面板各控制器之功用分述于下：

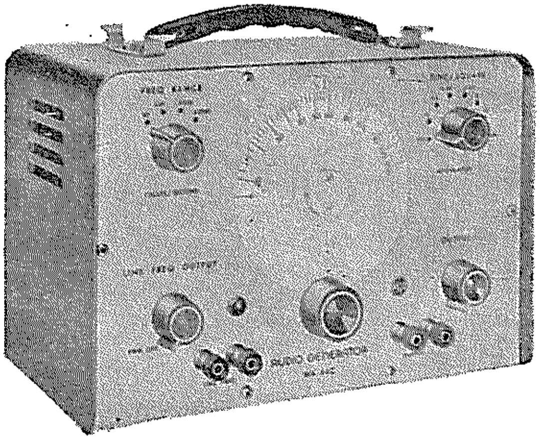
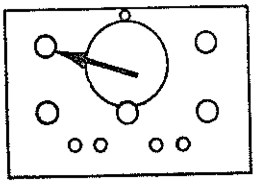
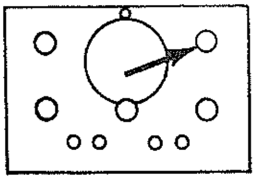


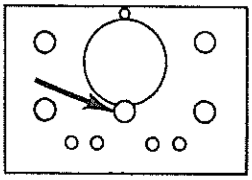
圖 2－102. RCA WA-44C 正弦/平方波聲頻信號產生器。



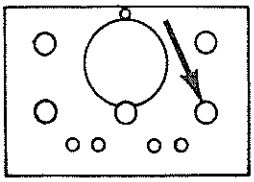
←頻率範圍(FREQ RANGE)－當旋鈕扳在任一位置上，可選擇調諧度盆頻率之倍數值，例如扳在×10位置上，表示調諧度盆之頻率範圍爲 10 倍，即由 200 赫至 2000 赫，餘者類推之。



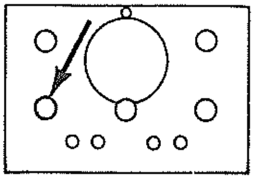
←功用開關(FUNCTION)－選擇正弦或平方波，(SINE/SQUARE)及衰減輸出電壓(ATTENUATION)。



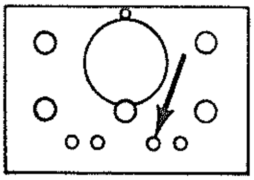
←調諧度盆控制器 (TUNING DIAL CONTROL)— 配合範圍(RANGE)開關位置，以選擇所需輸出頻率。



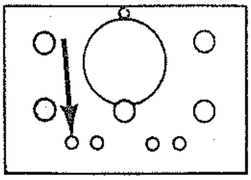
← 輸出(OUTPUT)— 調節在功用選擇器範圍內之輸出信號振幅。



←電源開關及電源頻率輸出 (OFF-ON / LINE FREQUENCY OUTPUT)—將旋鈕由"OFF"位置依順時針方向轉動，即將電源閉合，並控制電源頻率電壓供應至"LINE-FREQ"插口。



←輸出及地(OUT-PUT-GND)—由兩此插口，可供給所需頻率輸出。



← 電源頻率 (LINE FREQUENCY) — 由此兩插口，可供給 6 伏以下之電源頻率(50赫)電壓輸出。

實驗程序：

觀察正弦波聲頻信號

1. 應用電子示波器之準備，可參考實驗 2—22 實驗程序由 1 至12。
2. 將水平光綫集中在銀幕中央部份。
3. 將垂直輸入探針套入示波器"V INPUT"接合器內。
4. 將探針黃，藍，黑三個夾加以短路，再次調節水平光綫至最尖銳。
5. 將探針之黑綫夾套入RCA WA—44C 聲頻信號產生器輸出插口地端，藍綫夾套入高端，並移開黃綫夾，暫時不用，將電源開關閉合。
6. 將信號產生器功用開關旋在正弦波 "SINE" X 10 位置，將輸出 OUTPUT 旋至中點。
7. 將示波器 " H/SWEEP SEL " 扳在 15 — 150 赫位置上，將聲頻信產生器 " FREQ RANGE"扳在X1，旋調諧度盆在100赫上。
8. 將示波器"V RANGE"扳在"6"位置上，調節 "V CAL" 使正弦波高度 (即峯至峯值) 在0—5度間。
9. 調節示波器"SWEEP VERNIER"及"SYNC/PHASE"使顯出一個至五個正弦波鎖定在銀幕上。
10. 其次將信號產生器 " FREQ RANGE " 扳在 X 10 ，此時表示輸出聲頻信號等于

1000赫。將示波器"H/SWEEP SEL"扳在150—1500位置，調節"SWEEP VERNIER"，使銀幕顯出一個至五個正弦波。

11. 其次將聲頻信號產生器"FREQ RANGE"分別扳在X100及X1000，同時將示波器" H / SWEEP SEL "分別扳在1500—15KC及15KC—75KC位置，分別調節示波器"SWEEP VERNIER"，使顯出所需正弦波在銀幕上。

12. 依照程序6至11，再作若干次，同時每次可將示波器"SWEEP VERNIER"固定在中央位置，將信號產生器度盆旋轉，觀察每次正弦波頻率變化情形。

觀察平方波聲頻信號

13. 將信號產生器功用開關扳在平方波"SQUARE"X10位置上。

14. 依照程序7至12，將平方波形顯出在銀幕上。

觀察射頻信號

15. 將示波器輸入探針藍黑色夾與RCA WR—50B射頻信號產生器輸出高低端接合。將射頻信號產生器電源開關閉合。將"VFO"開關扳至"ON"，將" MOD "開關板至"EXT"。將"RF"開關扳至"HI"，將" RF ATTEN "旋至最大，將頻段開關扳在"B"，旋度盆至455KC位置。

16. 將示波器" H/SWEEP SEL "扳在15—75KC位置，調諧" SWEEP VERNIER "及" SYNC / PHASE "，觀察射頻等幅信號。

17. 將示波器"H/SWEEP SEL"扳在150—1500赫位置，將射頻信號產生器"MOD"開關扳在"INT"位置，將調制百分數控制器旋至最大，調節示波器" SWEEP VERNIER "及" SYNC / PHASE "，觀察調幅射頻信號。

18. 調節調幅百分數，觀察調幅波之變化情形。

19. 將以上每次銀幕顯出之波形繪出之。

討　　論：

1. 射頻信號產生器之主要用途爲何？
2. 聲頻信號產生器之主要用途爲何？
3. 試說明各種信號產生器之衰減器功用。
4. 試舉出平方波與正弦波電壓變化之差異點。

實驗2——24　用電子示波器測量電壓

目　　　的：

1. 校準電子示波器銀幕度盆之電壓值。
2. 用電子示波器測量交流峯至峯值電壓。

應用儀器：

1— RCA WO—33A　3吋電子示波器。
1— RCA WA—44C　鋒頻信號產生器。
1— RCA WV—500B 晶體管伏表。

解　　　釋：

一般電子示波器固然可以代替交流伏表，測量交流峯至峯值電壓，同時亦可將待測電壓之波形顯現在銀幕上，一舉兩得，非常簡便，尤其是測量電視機時可收事半功倍之效。

RCA WO — 33A 示波器在設計上，可迅速將垂直放大器及射線管銀幕作電壓校準。每次校準後，銀幕之格子度數盆可以直接指出波形之峯至峯伏數。

當垂直範圍(V RANGE)開關旋至校準(CAL)位置，示波器輸入探針及輸入衰減電路自動與垂直放大器開路，同時有一內部校準電壓(50赫電源電壓)輸入垂直放大器。

實驗程序：

銀幕度數盆之校核

1. 扳垂直範圍(V RANGE)開關至校準(CAL)位置。扳水平掃動選擇（H/SWEEP SEL）開關至"15—150"。

2. 調節垂直位置(V POS)及垂直增益(V CAL)控制器，使正弦波之峯至峯值剛等于度盆上"CAL"兩水平綫間之高度。此時表示電壓度盆經已校準，以後在任何垂直範圍上，切勿再調節"V CAL"控制器。

垂直範圍分爲濶頻段（Wide Band）及狹頻段（Narrow Band），測量時，將波形移至適當度數位置，可直接讀出輸入信號之峯至峯值。

銀幕度盆刻上兩行垂直度數，如圖2—103所示。當垂直範圍開關（V RANGE）旋在0.02，0.2，2，及20伏範圍，可應用0至2度數。若在0.06，0.6，6及60伏範圍，則用0至6度數。

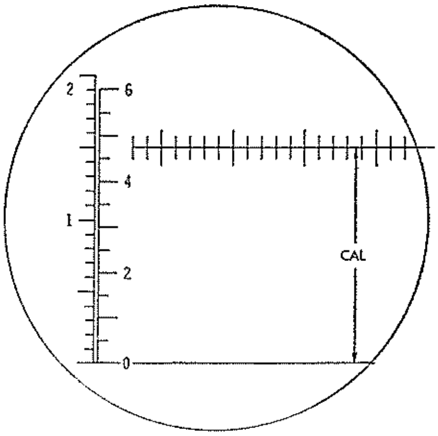


圖2—103. RCA WO 33A 型示波器銀幕度盆刻上電壓數字。

測量信號峯至峯值

3. 將垂直探針黑綫夾接地，將藍綫夾觸在測驗點上。

4. 調節所需波形鎖定在銀幕上。

5. 旋垂直範圍(V RANGE)至所需適合位置，使波形振幅在度數盆範圍以內。調節垂直位置(V POS)使波形底端移在度盆零位水平綫上，調節水平位置(H POS)，移波形上端至度盆讀數上。

6. 選用適合度數，讀出波形峯至峯電壓值，例如：當(V RANGE)開關旋在“0.06”範圍上，波形由零綫伸展至0—6伏度數“4”字上，可測出信號電壓峯至峯值等于0.04伏。又例如：當“V RANGE”旋在“20”範圍上，波形由零綫伸展至0—2伏度數“1”字上，可測出信號電壓峯至峯值等于10伏。

(附註)： 當測量高阻抗電路之信號振幅及波形時，可採用探針之低容量黃綫夾，所得之電壓讀數要用10乘之。

實驗 2——25 用電子示波器測驗低壓電能供給

目的：

1. 分析半波及全波整流器之輸入及輸出波形。
2. 分析容電量輸入式及電感量輸入式濾波器之輸出枚紋電壓波形。

應用儀器：

1 RCA WA—33A 3吋電子示波器。

1 東南電子管動電示教板No. 3.

1 真空管伏表。

解釋：

根據實驗2—10所得之結果，可知一般二極電子管(Diodes)之特性曲綫，可供作整流(Rectification)之用，即係將輸入交流電流變成單向脈動電流，輸出至濾波器電路。

半波整流器(Half-Wave Rectifiers)： 二極管能夠供作整流，就因它只容許電流在一個方向通過，——由陰極至屏極，亦即係只有輸入電壓使屏對陰極爲正時，二極管始能導電。

半波整流器係利用一二極管，將每一週波之輸入交流電流，變成半個週波之脈動直流(Pulsating Direct Current)。圖2—104表示一簡單半波整流器電路，T係電源變壓器(Power Transformer)，其功用係將輸入初級捲(Primary Winding)交流電壓e_1變成一較高電壓e_2在次級捲(Secondary Winding)上，此種作用稱爲升壓(Step-up)，同時又變成一較低電壓e_h在另一次級捲上，此種作用稱爲降壓(Step-Down)。e_h通常爲5V，用以供給整流管之供熱絲(Heater)電壓。高壓次級捲之上端係接至二極管之屏極，下端接地，加載阻R則接在二極管陰極與地之間。由于互感作用，次級捲電感高壓e_2係與輸入

初級捲電壓e_1反相180°，如圖2—104右方之波形所示。

當次級電感電壓e_2上半週之極向，上端(2)爲正及地端(1)爲負時，即輸至二極管使屏對陰爲正，吸收由陰極射出之電子，于是有一電子流通過加載阻R，產生輸出電壓e_3。當e_2之下半週極向，使上端(2)爲負及地端(1)爲正時，二極管屏極即排斥電子，無電子流通過R，使$e_3=0$。因通過二極管及加載阻之電子流(由1至2)係永遠保持單向，故e_3成爲脈動波形，通常稱爲枚紋電壓(Ripple Voltage)。

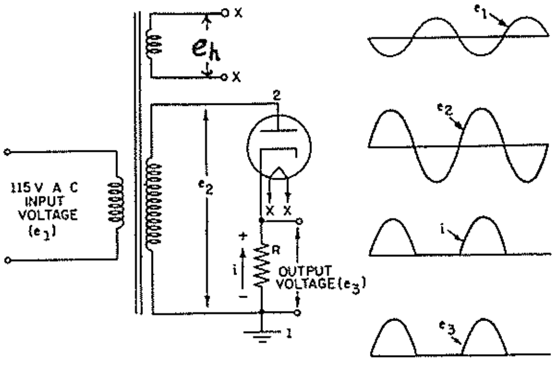


圖2—104. 簡單半波整流器之電路及波形。

跨過加載阻R之輸出電壓e_3之極向，係使二極管陰極對地爲正，故當二極管屏極之正壓(e_2)大于陰極正壓(e_3)時，始行導電。爲要利用地(或底板)作爲加載阻及電源變壓器負端之共同接點，常將加載阻接在陰極電路內，比接在屏極電路內較爲簡便。跨過二極管屏陰間之電壓降比e_3較爲微小。

半波整流器，只係工作在交流電半個週波內，故對一已知大小之電源變壓器而言，其工作于半波所產生之功率，比工作于全波者較少。此種缺點，可限制半波整流器只能供給微小電流消耗，例如商用交直流收音機，及示波器之加速電壓供給等。

<u>全波整流器(Full-Wave Rectifiers)</u>：　全波整流作用，通常係採用一孿生二極管(Twin Diode)以完成之。此類管之共同陰極係接至加載阻之一端，如圖2—105所示。加載阻另一端則接至電源變壓器次級捲中間分接點C上，使兩屏間之加載電流成爲等分。

在圖2—105中，波形(1)代表跨過次級捲A—C間之電壓；此電壓係輸入至V_1屏極至陰極間，在上半週t_1上，使V_1屏對陰爲正，電子流即依實綫矢向通過加載阻R，產生輸出電壓，其極向係使陰極對地爲正；在同一上半週上，跨過B-C電壓爲負，如波形(2)所示，係使V_2屏對陰爲負，故此在時間t_1上，V_1導電，V_2不導電。在下半週t_2上，輸入兩管之屏壓極向剛相反，V_2現在導電，V_1不導電，電子流即依虛綫矢向通過R，產生輸出電壓，其極向亦係使陰對地爲正。由此可知，不論在上半週及下半週輸入，V_1及V_2均能交替輸出電子流通過加載阻R，以建立輸出電壓，如波形(3)所示，于是完成全波整流作用。

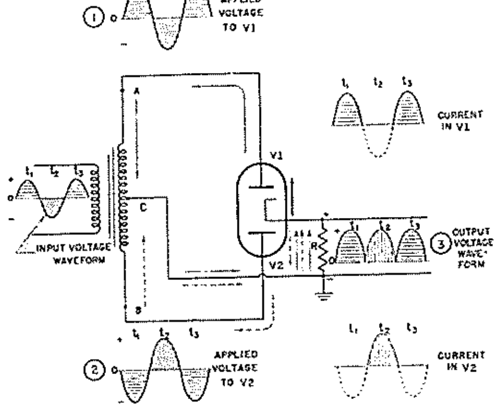


圖2—105. 簡單全波整流器電路及波形。

全波整流器係工作在輸入週波之較大百分數上，其效率高過半波整流器，而且枚紋效應較低，其用途亦較爲普遍。

<u>濾波電路(Filter Circuits)</u>：　半波及

全波整流器之輸出，均係脈動直流電流（ Pulsating Direct current ），故必要裝置濾波電路，將枚紋成份加以平滑，使之變成接近純直流，以供給一般電子儀器應用。

濾波器可分爲容電量輸入式(Capacitance Input Filter)，電感量輸入式 (Inductance Input Filter)，π 式(Pi-Section Filter)及L式濾波器 (L-Section Filter) 等。圖 2—106 係表示容電量輸入式濾波器之工作情況：半波整流器之輸出脈動電壓(如圖中之波形A)，

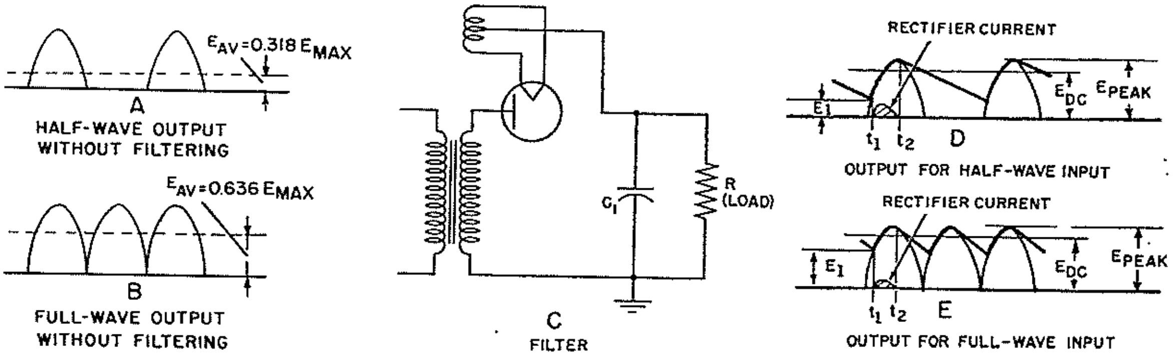


圖2—106.　容電量輸入式濾波器及波形。

係輸至濾波容電器 C_1 間以供給加載 R，由於 C_1 充電時間常數 RC 極短，在每一半波輸出電壓大約1/2時間內，C_1並可充電至峯壓(Peak Voltage)及貯入容電能量。當整流器輸出電壓由峯值降至零時，跨過容電器間電壓不會立即隨之降低。因 C_1 之放電時間常數 RC 相當長，於是 C_1經R慢緩放電，直至輸入交流電壓第二個正半週高過 C_1殘餘電壓時，又使整流管導電，將C_1再次充電至峯值。因此，跨過C_1R間輸出枚紋電壓振幅大爲減小，如圖 2 —106 之波形 D 所示。波形B 爲全波整流器之輸出電壓，波形 E 則爲經濾波後之輸出電壓。

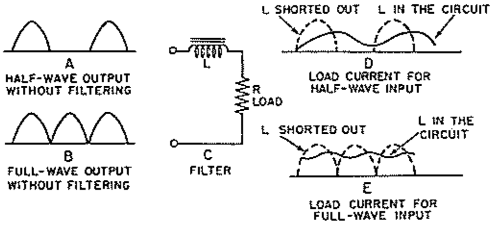


圖2—107.　電感量輸入式濾波電路及波形。

圖 2 — 107 係電感量輸入式濾波器電路及波形。由於電感綫圈具有反抗通過電流變化之效能，若將一電感圈與整流器輸出串連，並可協助阻止輸出電流之突變，而加以平滑。之在圖2—107中，波形 A爲半波整流器之輸出，波形 B爲全波整流器之輸出， C爲濾波電路。，在波形 D内，虛线波形表示 L短路時之半波輸出加載電流，實綫則表示經 L濾波後之加載電流。在波形 E内，虛线波形表示 L短路時之全波輸出加載電流，實綫則表示經 L濾波後之加載電流。由此可知電感圈可阻止電流之急速升降，若用足夠電感量，可使電流變化接近常數。

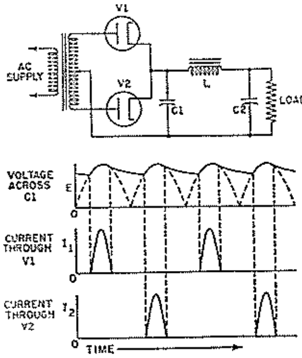


圖 2 —108.　全波整流器用π式濾波器之電流及電壓波形。

電感量既然防止電流達到峯值，輸出電壓亦永不會達到輸入正弦波電壓之峯值；故用電感量輸入式濾波器之輸出電壓當

比容電量輸入式較低；但用於較大加載電流上，前者之輸出電壓則比後者較爲穩定。

圖 2—108 係表示全波整流器採用π式濾波器之電流及電壓波形。此種濾波器亦稱爲容電器輸入式濾波器(Capacitor Input Filter)，其輸出波形非常接近純直流。輸入容電器 C_1係將大部份枚紋成份傍路至地，串連扼流圈L用以供作當輸入容電器充電及放電時將電流保持在一接近常數電平上，C_2 用以將殘餘枚紋成份加以傍路。此類濾波器只可適用於一般無线電接收機之低電流裝置上。

圖 2—109 爲L式濾波器，又常稱爲扼流圈輸入式濾波器（Choke Input Filter）。輸入扼流圈可讓電流連續通過整流管，比容電器輸入式濾波器只許脈動電流通過較爲優勝。由於通過電流均匀，L 式濾波器最適用於一般大功率及高度電壓調節之汞氣整流器電路内。

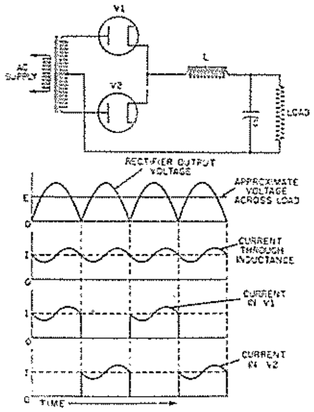


圖 2—109. 全波整流器用 L 式濾波器之電流及電壓波形。

實驗程序：

1. 先將圖 2—110之東南電子管動電示教板No. 3 之電路研究清楚，並認識各開關及各插口之正確位置。

2. 將示波器作應用之準備。

3. 將示波器水平掃動選擇開關（ H/SWEEP SEL ）旋至 15—150 赫頻段上，將垂直範圍（ V RANGE ）旋至 “CAL” 位置。將同步開關（SYNC）扳至内部（INT）位置。

4. 依次調節垂直增益（V CAL），掃動微調（SWEEP VERNIER），及同步/相位（SYNC/PHASE），鎖定兩個適合高度正弦交流週波在銀幕上。此即表示 50 赫交流電波同步在25赫掃動頻率上（如圖2—97所示）。

5. 將垂直範圍（V RANGE）旋至“60”位置上（或其他所需位置上）。

6. 將東南示教板No. 3 之開關S1，S2，S4 及 S6 開路；S3 及 S5 閉路。

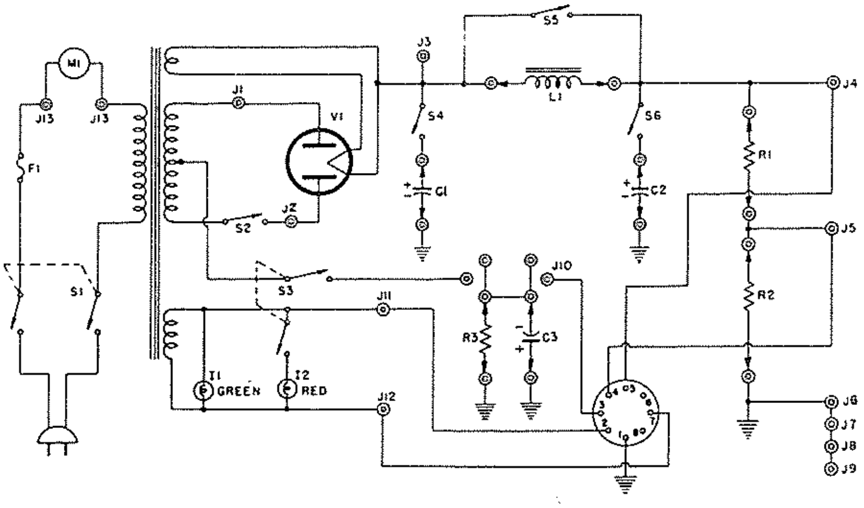


圖 2—110. 東南電子管動電示教板 No. 3.低壓電能供給電路。

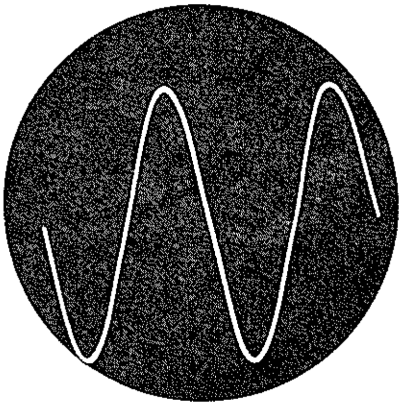


圖 2—111.　在整流管 V_1 屏極上之波形。

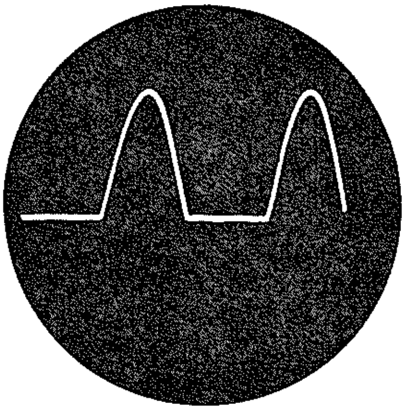


圖 2—112.　在 V_1陰極 J3 上之波形，此時 S2，S4 及S6 開路，S3及 S5 閉路。

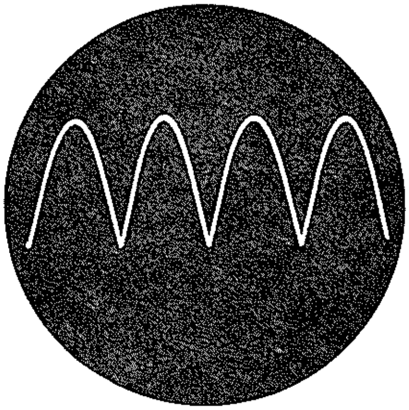


圖 2—113.　在J3上之波形，S4 及 S6 開路，S2，S3及S5閉路。

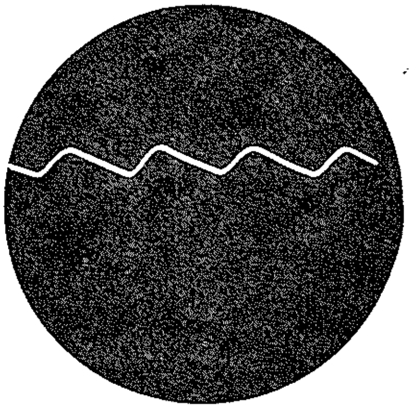


圖 2—114.　在J4上之波形，此時 S4 開路，S2，S3，S5 及S6閉路。

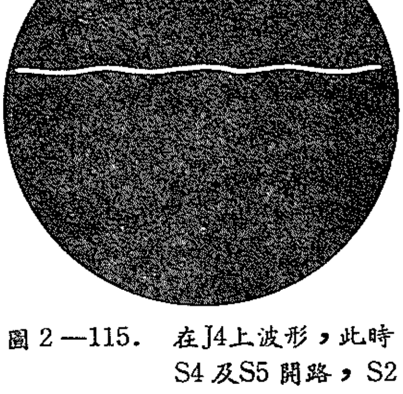


圖 2—115.　在J4上波形，此時 S4 及S5 開路，S2，S3及S6閉路。

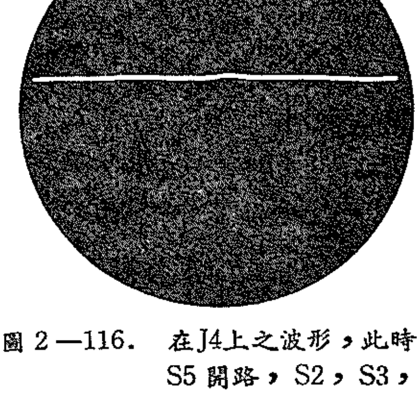


圖 2—116.　在J4上之波形，此時 S5 開路，S2，S3，S4 及 S6 閉路。

7. 將示波器垂直輸入線接在 J1 及 J6(地)之間。

8. 將示教板 S1 閉路。

9. 調節示波器之垂直增益，微調及同步，鎖定兩個正弦交流週波在銀幕上，如圖 2—111 所示，係代表電源變壓器之輸出電壓（大約 300 伏輸至V_1屏極）。

10. 將 S1 開路，將示波器垂直輸入線由 J1 移接在 J3 上。

11. 將S1閉路，示波器即顯出半波整流輸出電壓之波形，如圖 2—112所示。此時整流管 V_1因 S_2 開路，只能發揮半波整流之效能。輸出脈動電壓之頻率與輸入交流電壓頻率50赫相等。

12. 將S_2閉路，使V_1發揮全波整流之效能，輸出脈動電壓之波形如圖 2—113所示，其頻率等於輸入交流電壓之兩倍，即 100 赫。

13. 將 S_1 開路，將垂直輸入線移接在 J4 。

14. 將 S6 閉路，此時容電器C_2跨接在輸出電路間，組成容電量輸入式濾波器電路。

15. 將 S_1 閉路，示波器銀幕即顯出濾波後之輸出電壓波形，如圖 2—114 所示，枚紋成份之振幅大為降低。

16. 將S6及S5開路，此時L1 接入，組成電感量輸入式濾波器，觀察輸出電壓波形，並繪出之。

17. 將S6閉路，即組成L式濾波器電路，輸出電壓波形如圖 2—115 所示。枚紋電壓振幅再次減小。

18. 將 S4 閉路，使 C1 與L1及C2組成π式濾波器電路，經濾波後之輸出電壓已非常平滑，及接近直流，如圖 2—116 所示。

19. 用真空管伏表依次測量 J1，J2，J11（交流），J3，J4，J5，J10（直流）各點電壓，並記錄之。

20. 依照程序 2—19，再作一次或多次。

討　　論：

1. 從本實驗所得結果，証明全波整流之效能勝於半波整流，試說明其理。

2. 觀察示波器顯出之枚紋電壓波形，將四種濾波器性能作一比較，以何者最適用於低壓電能供給電路內。

3. 整流後之輸出電壓，若未經濾波輸至接收機及擴音機，發生何種不良效果？試解釋之。

4. 當輸入容電器 C1 短路時，有何不良效果？

實驗 2——26　用電子示波器測量頻率

目　　的：

1. 熱練用李沙如圖形(Lissajous Patterns)測量頻率。
2. 校核聲頻信號產生器之頻率度盒。

應用儀器：

1 RCA　WO—33A 示波器。
1 RCA　WA—44C 聲頻信號產生器。

解　　釋：

頻　率　測　量

示波器除用以測量交流電壓及觀察交流波形之外，亦可採用李沙加圖形方法以測量交流信號之頻率。

李沙如圖形之名字，係紀念法國科學家李沙如氏最先用幾何學及光學，將此種圖形顯出在示波器銀幕上者。李沙如圖形係用一已知信號頻率比較下，以求出一未知信號頻率數值。在測驗時，常將已知信號輸至示波器水平波道，待測信號則輸至垂直波道。

在實驗時，先將水平/掃動選擇開關(H/SWEEP SEL)旋至水平輸入(H IN)將信號產生器之精確標準頻率信號 F_H 輸至水平輸入端(EXT SYNC/H INPUT)。將待測頻率之信號 F_V 輸至垂直輸入端(V INPUT)。將信號產生器度盒慢緩轉動，直至一穩定圖形顯出在銀幕為止，此圖形即係李沙如圖形。根據圖形之特性並可決定兩信號頻率之比數，進一步可求出待測頻率之數值。現設 K＝頻率比數，則：

$$\frac{F_V}{F_H} \doteq K \qquad (26-1)$$

及　$F_V = KF_H$　(26—2)

若兩信號均係正弦波(Sine Wave)，李沙如圖形如圖 2—117 所示。若兩正弦波之頻率相等，即

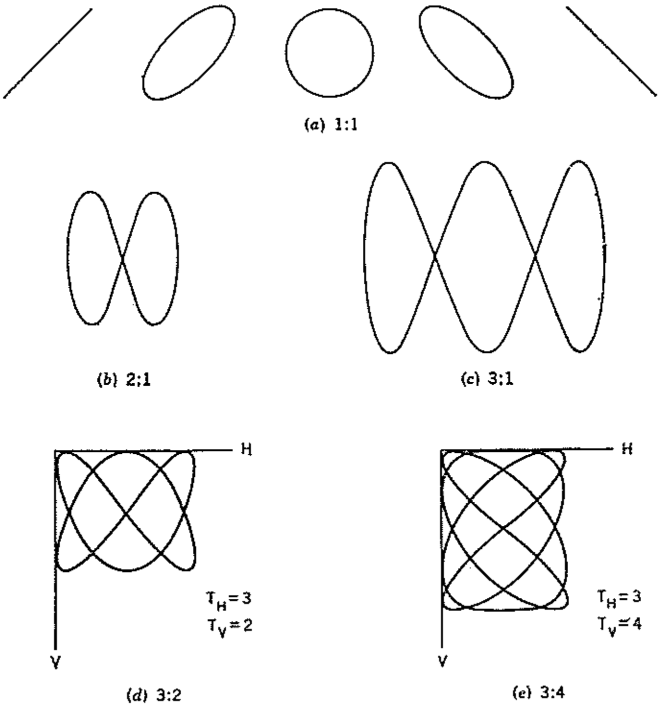


圖 2—117.　李沙如圖形特性。

$F_V = F_H$，所獲得之圖形如圖2—117(a)所示；圖形可成一直線，或成一橢圓形，或成一圓形，視乎兩信號之相位關係而定。事實上，由于信號產生器之頻率常有極輕微變動，以致引起相位變化，使圖形慢緩變動而轉變成上述三種形狀。

在圖2—117(b)之圖形，表示2：1之特性，即係$F_V/F_H = 2$，及$F_V = 2F_H$，亦即表示待測信號頻率等於標準頻率之兩倍。同樣，各比數之圖形如圖2—117(c)，(d)及(e)所示。

爲求簡便起見，可劃一條水平綫(H)及一垂直綫(V)分別與圖形之綫環相切，如圖2—117(d)及(e)所示，計算與水平綫相切之點數(T_H)，及與垂直綫相切之點數(T_V)，代入下式，並可求出兩頻率比數！

$$\frac{F_V}{F_H} = \frac{T_H}{T_V} \qquad (26—3)$$

及

$$F_V = F_H \frac{T_H}{T_V} \qquad (26—4)$$

在圖2—117(d)內，$T_H = 3$，$T_V = 2$，及$F_V = F_H \times 3/2$。又在圖2—117(e)內，$T_H = 3$，$T_V = 4$，及$F_V = F_H \times 3/4$。

在圖2—117(a)中，由於兩信號之頻率及相位互起微小變動，所產生之李沙如圖形亦隨之而變。在圖2—118(a)，$F_V = 2F_H$。圖2—118(b)，$F_V = 1/2F_H$。兩者之圖形均係隨兩信號間之相位關係而變。

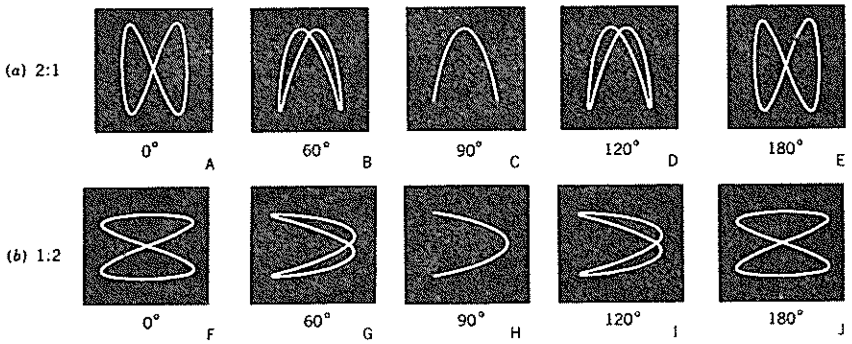


圖2—118. 兩信號相位變化時所產生之圖形。

聲頻信號產生器頻率校核

可採用一標準頻率信號，或用交流電源頻率(50赫)，作爲校核比較。從李沙如圖形所顯出之T_H/T_V比數，並可校準信號產生器度盆之讀數。

實驗程序：

1. 應用示波器之準備。
2. 應用信號產生器之準備。
3. 將示波器水平掃動選擇開關(H / SWEEP SEL)旋至電源(LINE)位置，表示已將內部50赫正弦波交流電源輸至水平放大器內，作爲F_H。

4. 調節適合長度之水平光綫至銀幕中央部份。

5. 將聲頻信號產生器頻率範圍（FREQ RANGE）扳至XI位置。將功用開關旋至正弦波（SINE）X10位置。

6. 將示波器垂直輸入探針之藍綫夾及黑綫夾跨接在信號產生器輸出插口間。調節示波器垂直增益及信號產生器之輸出，使垂直光綫剛在銀幕度盆校準（CAL）兩橫綫之間。

7. 調節信號產生器度盒直至銀幕顯出一圓的圖形為止，此圖形會由圓形變至橢圓，再變至一直綫。將此圖形繪在附表 2—23內。將信號產生器度盒頻率數F_V，水平相切點數T_H，及垂直相切T_V記錄之。用公式（26—4）計算及記錄信號產生器之頻率F_V。

附　表 2—23

程　序	李沙如圖形	相切點數		信號產生器頻率 F_V	
		T_H	T_V	度盆讀數	計　算
7		1	1		
8		1	2		
9		2	3		
		3	5		
		2	1		
		3	1		
		4	1		

8. 將信號產生器度盒由零度開始，依順時針方向慢緩旋轉，直至顯出圖形之水平切點$T_H=1$，及垂直切點$T_V=2$，將此圖形繪出・校核信號產生器度盆之頻率讀數。計算頻率F_V之值，全部記錄在附表 2—23內。

9. 將T_H/T_V各比數所得結果，記錄在附表2—23內。

10. 將信號產生器頻率範圍（FREQ RANGE），扳至X 10位置，依順時針旋轉度盆，記錄$T_H/T_V=5/1$，$=6/1$，$=7/1$，$=8/1$，$=9/1$，$=10/1$之所得結果。

討　論：

1. 當用李沙如圖形時，何者決定頻率測量之準確性？

2. 由附表2—23所獲得記錄，如何校核信號產生器度盆之準確頻率？

實驗 2——27　電感量之特性

目　　的：

1. 觀察在直流(D.C.)及交流(A.C.)電路內所產生之電感量(Inductance)效應。
2. 証明感抗(Inductive Reactance)公式：

$$X_L=2\pi FL$$

3. 採用李沙如圖形，觀察在一電感量內之電壓及電流相位關係。

應用儀器：

1 東南基本實驗板No. 8。
1 RCA WO-33A型3吋電子示波器。
1 RCA WA-44C型聲頻信號產生器。
1 真空管伏表。
1 可變電壓調節式直流電能供給。

解　　釋：

綫圈之電感量及感抗

電阻(Resistors)之功用，除限制直流電路之電流數量外，亦可以反抗交流電路之電流；但電感器(Inductors)及容電器(Capacitors)之電抗(Reactance)，只能在交流電路內發揮阻流作用。

電感量之單位爲亨利(Henry)，簡稱亨，係用以紀念科學家亨利氏(Joseph Henry)者。在一電感器內之亨利數值，可用電感量橋(Inductance Bridge)直接測出(容在一年級下學期實驗課程內再討論)。電感量(L)係一綫圈反抗電流變化之特性。由電感器所產生之反抗數量則稱爲感抗(Inductive Reactance)，感抗之符號爲X_L，測量單位爲歐。

一綫圈之感抗並非固定，而係隨電感量L及通過交流頻率F而變，可用下式計算之：

$$X_L=2\pi FL \qquad (27-1)$$

上式π係一常數3.14，F爲交流電之頻率單位每秒赫，L爲電感量單位亨。

例如：現設一電感器 L=1.59亨，試繪出 X_L與F互變圖解。

解：求出每一指定頻率上之X_L。

1. 當 F = 0

$$X_L=2\pi FL=2(3.14)(0)(1.59)=0$$

2. 當 F = 100赫

$$X_L=2\pi FL=6.28(100)(1.59)=1{,}000\text{歐}(\text{非常接近})$$

3. 同樣當

F=200赫，X_L=2,000歐。

F=300赫，X_L=3,000歐。

F＝400赫，X_L＝4,000歐。

F＝500赫，X_L＝5,000歐，餘則類推之。

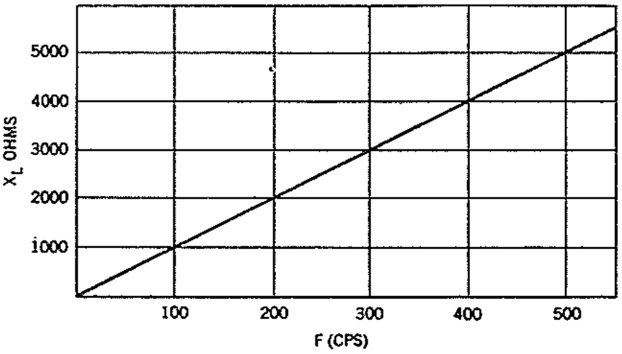


圖 2 —119.　1.59亨電感器之X_L與F互變情形。

4.　以橫軸代表頻率 F，縱軸代表感抗 X_L，可繪出X_L對F互變圖解如圖2—119所示。

圖2—119係表示L＝1.59亨，X_L與F互變之情形。圖解成一直綫，此即證明公式（27—1）中，X_L係與F成正比例綫性變化。同時當直流電通過綫圈時，即 F ＝0，電感量不生效應，即X_L＝0。

又從公式（27—1）加以分析，感抗亦係與電感量L成綫性變化。若頻率F保持常數，則繪出之X_L與L互變圖解亦成爲一直綫。

綫 圈 之 阻 力

一電感器係用絶緣綫繞在一圓筒形綫圈芯（Core）上而製成，繞製之轉數，視乎所需電感量而決定。轉數愈多，電感量愈大，反之則愈小。而綫圈所用導綫之直徑，係視乎所需通過最大電流而定。故導綫直徑愈大，綫圈所容納之電流亦愈大。若通過電流超過規定值，可使綫圈發生高熱，以致燒去絶緣物而成短路，或引致綫圈燒毀，而成開路，使綫圈失效。

在電子工程實驗上所需之電流甚微，繞製綫圈之導綫直徑亦甚小。由於導綫之阻力係與其長度成正比例，故轉數甚多之幼綫電感圈，其阻力必然相當大。圖 2 — 120，係表示一綫圈內之阻力及電感量串連之等效電路，阻力可用歐表測量之。

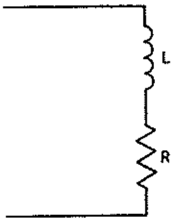


圖 2 —120.　一電感量之串連等效電路

X_L 測 量

綫圈之感抗（X_L）可用一簡單方法以測量之。在圖 2 — 221 內，係一正弦波電壓 E 產生電流 I 通過綫圈。可引用歐姆定律在交流電路內，以求出跨過綫圈 L之電壓 E_L＝IZ，若綫圈內之阻力比 X_L 較小，則 Z ＝X_L，及

$$E_L = I \times X_L \qquad (27-2)$$

上式可寫成：

$$X_L = \frac{E_L}{I} \qquad (27-3)$$

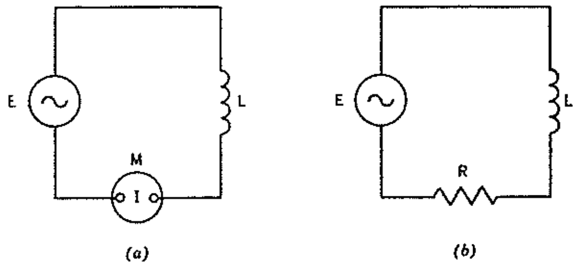


圖 2 —221.　測量 X_L 之電路。

公式(27—3)可用以決定一綫圈在一已知頻率F上之感抗。先採用圖2—221(a)之測量電路，用一交流伏表測量跨過L之電壓 E_L，用一交流安表測量電流 I 。將

E_L 及 I 之記錄數值代入公式 (27— 3)，並可求出 X_L 之值。由於綫圈有阻力存在，所得結果必然有輕微偏差，但當 X_L 之值甚大於 R 時，R 可忽畧不計。

其次可改用圖 2 —221 (b) 電路作測量，用一已知數值電阻 R ，代替交流安表與 L 串連。因在串連電路內，各點之電流均相等，故在 R 內之電流與在 L 之電流相同。將已知 R 值及測出跨過 R 間電壓 E_R，代入下式並可求出 I 之值：

$$I = \frac{E_R}{R} \qquad (27-4)$$

現將 I 及測出 E_L 之值代入公式 (32— 3) 並可求出 X_L 之值。

在一綫圈內之電壓及電壓間相位關係

在一直流電路內，當跨過一電阻之電壓增加時，在 R 內之電流隨之而增。在一阻力交交流電路內，其作用亦相同。當一正弦波電壓 e 輸至 R，在 R 內之電流 i 之瞬值，係正確隨 e 之瞬值而變，即 e 爲零時，i 亦爲零；e 達到最大值時，i 亦達到最大值。此即表示在 R 內之電壓與電流同相 (In Phase)，如圖2—222 (b) 所示。

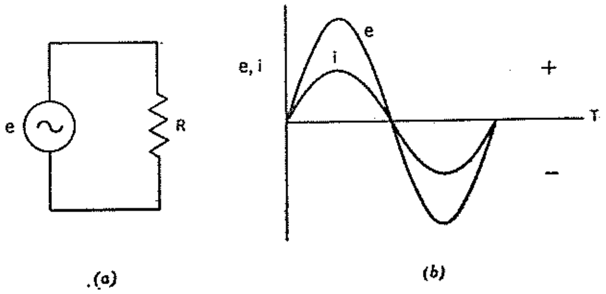


圖 2 —222.　在一阻力電路內，電壓與電流同相。

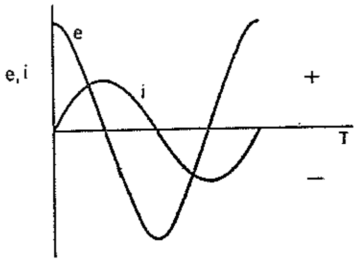


圖 2 —223.　在一純電感電路內，電流滯後電壓90°

在一純電感電路內，電流係滯後電壓 90°，此種相位關係如圖 2 —223所示。在實驗上，可用相位表 (Phase Meter) 或示波器作爲相位指示器，以分析電壓及電流間相位關係。本實驗所用者爲示波器。

用李沙如圖形測量相位

李沙如圖形除用以測量信號之頻率外，更可用作决定兩個相同頻率正弦波之相位關係。依照測量頻率之方法，可將示波器 水平/掃動 選擇開關旋至水平輸入位置，將一信號輸至垂直，及用另一信號輸至水平輸入端。

若兩信號相位相同，所結成之圖形，會成一條直綫由左至右向上傾斜，傾斜角度則視乎兩信號振幅而定。當兩信號間相角(Phase Angle)變化時，李沙如圖形隨之而變，如圖2—224所示。因此，當相角由 0 增至 90°，直綫變成一狹小橢圓形，而至一較濶橢圓，最後在 90° 上

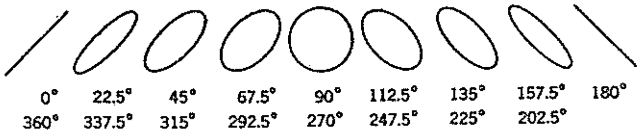


圖 2 —224.　頻率相同但相位差異之兩正弦波電壓所顯出之李沙如圖形。

而成一圓形。又當相角由90°增至 180° 時，橢圓形則依反方向傾斜，由濶減至狹小，直至在180° 上變成一直綫，由右至左向上傾斜。對於180°至360°間之相移，李沙如圖形則依相反程序而重變，例如在225°之圖形係與135°相同，270°則與90°相同，餘則類推之。

圖 2 — 225 係表示計算相角之方法，先將圖形集中在示波器銀幕度盆之垂直軸（Y）及水平軸（X）上，測量由水平軸起之最大垂直距離 Y_M，及由水平軸至與垂直軸上交點 Y_0 之距離，將數值代入下式，並可計出相角之值：

$$\text{Sin}\,\theta = \frac{Y_0}{Y_M} \qquad (27-5)$$

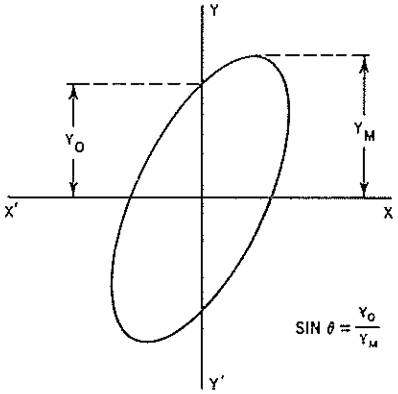


圖 2 —225. 計算相角方法。

圖 2 — 226 係表示計算相角之六個例子：(A)相角等於零度，（B）爲 30°，（C）爲 45°，（D）爲 90°，（E）爲120度及（F）爲135度。

上述計算相位差之方法，必要符合下列條件始獲正確答案：

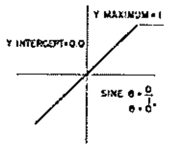
1. 兩信號頻率必需相同。

2. 兩信號之振幅必要相等。在實驗時，若振幅不等，可分別調節示波器之水平及垂直增益，直至相等爲止。

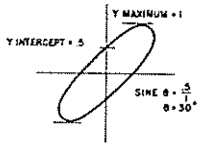
3. 示波器之垂直及水平放大器相位特性，對待測信號之頻率必須相同。

4. 在示波器銀幕度盆上之波形，必要完全集中在水平及垂直軸上。

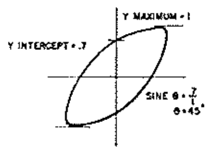
用李沙如圖形測量一綫圈內之電壓及電流相位關係，可採用圖 2 — 227 之裝置，必須另用一電阻 R 與 L 串連，小心選配 R 之數值，使 X_L/R 之比數大於10，將電路幾乎成爲純



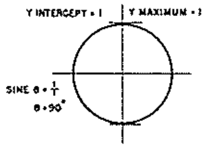
A　Phase difference 0 deg.



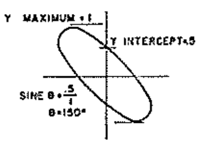
B　Phase difference 30 deg.



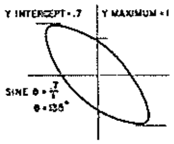
C　Phase difference 45 deg.



D　Phase difference 90 deg.



E　Phase difference 120 deg.



F　Phase difference 135 deg.

圖 2 —226. 用不同李沙如圖形測量相角之例子。

電感量作用；通過串連電路電流 I 均相同，跨過 R 之電壓 E_R 與電流 I 同相。因此測量跨過 R 電壓 E_R 及輸入電壓 E 間之相角，亦即測量綫圈內 E 及 I 間之相角。

附錄：若 X_L/R 之比數等於 10，則由 R 所引起之相角偏差大約6°，當 X_L/R 大於10，偏差則減少。

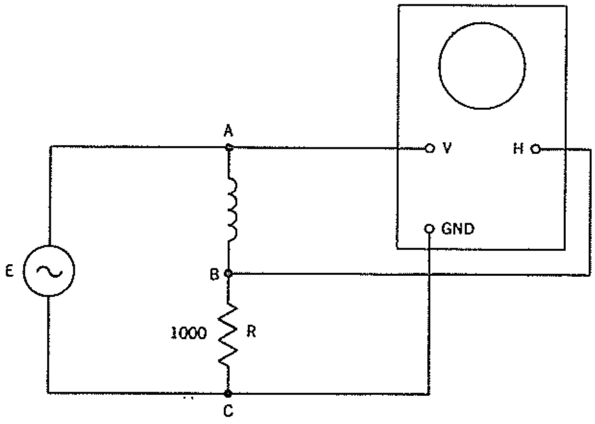


圖 2—227. 測量綫圈電壓及電流間相角之電路。

實驗程序：

電感量對直流及交流電流之效應

1. 小心研究東南基本實驗板 No. 8(A)及 No. 8(B)之電路作用，如圖 2—228 及 2—229所示。在圖 2—228電路內，E 係可變調節式直流電源；L 係8亨扼流圈(Choke)；R 等於扼流圈阻值之電阻；S_2 單刀雙擲開關；M 0-25 ma 直流表；V 真空管伏表，旋在直流電壓範圍上；S_1 電源開關。

2. 先將S_1 開路，測量 L 及 R 之阻值記錄在附表 2—24內。扳 S_2 至位置 1，使 R 接

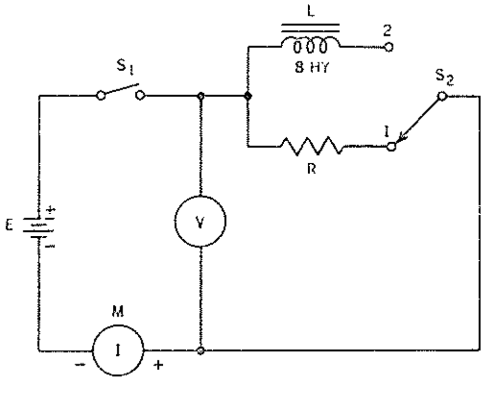


圖 2—228. 東南基本實驗板 No. 8-A 電路

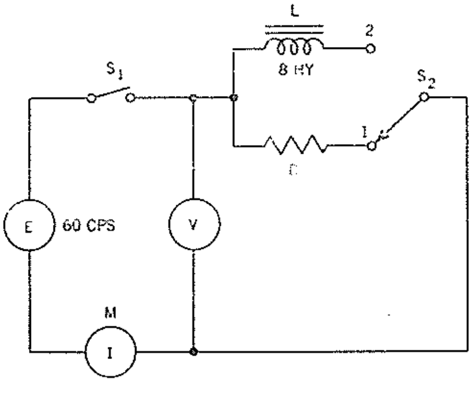


圖 2—229. 東南基本實驗板 No. 8-B 電路

附 表 2—24

阻 力 歐	S_2 位 置	接入電路另 件	直流		交流	
			E，伏	I， 安	E，伏	I，安
L	1	R		0.02		0.02
R	2	L				

入電路内。

3. 將S_1閉路。調節 E 使M指在20毫安（ ma ）讀數上，測量及記錄跨過電阻 R 之電壓。切勿變動供給電壓。

4. 扳S_2至位置2，將L 接入電路。跨過 L 之電壓，係等於跨過 R 電壓。測量在 L 內之電流 I ，並記錄地附表 2 —24内。將 S_1開路。

5. 在圖 2 — 229 電路内，M係 0—25 毫安交流表；V 係真空管伏表，旋在交流電壓範围上；其餘另件與前電路相同。S_1現在開路， E 調節在 0 伏上。

6. 扳S_2至位置1，將 R 接入電路，將S_1閉路，調節 E 直至 M 指在 20 毫安讀數上，測量及記錄跨過 R 之電壓 E。

7. 扳S_2至位置 2，將 L 接入電路，必要時，可再次調節 E，使跨過 L 電壓，與程序6 中跨過 R 電壓相等。測量及記錄通過 L 之電流 I 。

在電源頻率上 L 之感抗（ X_L ）

8. 現依然採用圖 2 —229電路作實驗。S_2 扳在位置 2 及 L 接入電路。調節 E ，使獲得附表 2 —25内每項電流數值。測量及記錄每一電流項下之電壓 E 值。計算每一電流項下之X_L=E/I ，並記錄之。

附　表 2—25

I 安	0.025	0.020	0.015	0.010	在電源頻率50赫上之平均X_L （歐）
E 伏					
$X_L = \frac{E}{I}$ 歐					

9. E/I 比數實際係等於阻抗 Z ，因為在電源頻率上，L 之阻力可忽畧不計，故阻抗成為一純感抗X_L ，在實驗上所引起輕微的偏差可忽畧之。將X_L 四個數值平均之，記錄在附表 2 — 25 内。現以 E 為横軸，I 為縱軸，繪出電感量在電源頻率上之電壓 — 電流特性曲綫。

感抗（ X_L ）對頻率（ F ）互變曲綫

10. 現採用東南基本實驗板 No. 8- C ，如圖 2 — 230 所示 ，以決定X_L 與頻率之變化。本實驗係用簡單電路作測量，不能直接測出 X_L 之值，只可由E_L/I 比數計出之。電流 I 亦可由 I = E_R/R 計出，E_R 係跨過 R 之電壓。將 E_L（跨過 L 電壓），E_R 及 R 之值代入公式（ 27—6 ），並可求出X_L 之值：

因
$$X_L = \frac{E_L}{I} = \frac{E_L}{\frac{E_R}{R}}$$

故
$$X_L = \frac{E_L}{E_R} \times R \qquad (27-6)$$

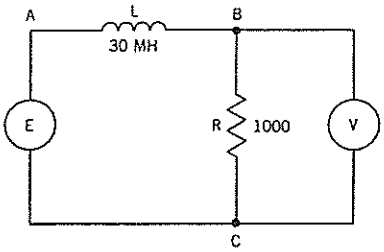


圖 2--230. 東南基本實驗板 No. 8—C 電路

在圖 2—230 電路內，E 係一正弦波信號產生器，可輸出20伏峯至峯(Peak-to-Peak)交流電壓，頻率範圍由 10 至 100 千赫。V 係一示波器，利用校準銀幕度盆，以測量峯至峯電壓(或用真空管伏表代替之。)

調節信號產生器輸出電壓 E 等於 15 伏峯至峯。將附表 2—26 所列每一頻率項下之 E_L 及 E_R 測量及記錄之。並用公式(27—6)計算及記錄 I(E_R/R)及 X_L 之值。同樣計出 $X_L=2\pi FL$ 之值。現以 X_L 作縱軸，F 作橫軸，將表列之相對數值繪出 X_L 對 F 互變曲綫。

附 表 2—26

F 赫	E 伏 峯至峯	E_L 伏 峯至峯	E_R 伏 峯至峯	$I=\frac{E_R}{R}$ 安	X_L(歐)	
					$\frac{E_L}{E_R}\times R$	$2\pi FL$
20,000						
30,000						
50,000						
70,000						
80,000						
90,000						
100,000						

在一純電感量內之 E 及 I 相位關係

11. 將信號產生器輸出保持在15伏峯至峯上，及頻率旋在 100,000 赫。將示波器水平掃動選擇開關(H/SWEEP SEL)旋至水平輸入(H IN)。將垂直輸入跨接信號產生器輸出端 A-C 間(C接地)，水平輸入跨接 R(B-C)間，如圖 2—227 所示。調節垂直及水平增益，使垂直及水平偏移相等。將結合圖形集中在 X—Y 軸上。顯出圖形若爲圓形時，表示輸入電路之電壓 E 與電流 I(與E_R同相)異相90°。

由於線圈之 X_L 甚大於電阻 R，R 可忽畧不計，使電路成爲一純電感量。

討 論：

1. 根據附表 2—24 之記錄，何以交流及直流對 L 及 R 發生差異？試舉出其差異點及說明之。

2. 參考附表 2—25 之資料，對每一項電流，X_L 之數值是否相同？解釋任何意外結果。

3. 試舉出電壓—電流特性曲線，對 X_L 之作用。

4. 參考附表2—26及圖2—119之曲線，證明 X_L 如何隨頻率變化而變？
5. 在本實驗中，是否已證明公式 $X_L = 2\pi FL$？
6. 設有一電感圈之 X_L 在頻率F上等於5,000歐，求出在2F，5F及NF上之 X_L 值。
7. 參考附表2—26，求出 I 之數值係有效值（rms）抑或峯至峯值？試說明之。

實驗 2——28　電感量串連及並連

目　　的：

1. 用實驗求出無耦合存在之兩電感器 L_1 及 L_2 串連之總電感量 L_T 係：

$$L_T = L_1 + L_2$$

2. 同時求出無耦合存在之兩電感器並連之總電感量 L_T 係：

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

應用儀器：

1　可變電壓調節式直流電能供給。
1　R.C.A. WO-33A 型電子示波器。
1　真空管伏表。
1　東南基本實驗板 No. 8

解　　釋：

在電子工程設計上，一般電感器亦如電阻一樣，可以在一電路內接成串連或並連。串連電感器對反抗交流效能比單一電感器較大，在無互感作用情況下，串連電感器之總電感量 L_T 等於各電感量之和，即係：

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + \cdots\cdots \qquad (28—1)$$

兩個或多個電感器，在無互感作用情況下，若接成並連電路，其總電感量 L_T 之倒數，等於各電感量倒數之和，即係：

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \cdots\cdots \qquad (28—2)$$

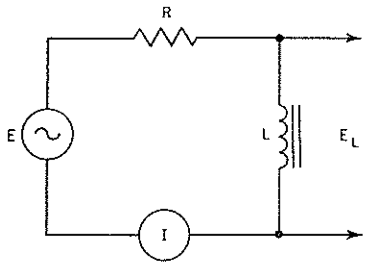


圖 2—231.　用以求出電感器 X_L 之串連LR電路。

由此可知並連電感器之總電感量係少於電路內之最小電感器者。

用電感量橋可直接測出串連及並連電感器之 L_T，在本實驗則用簡單方法作間接測量。在圖 2—231 之電路內，E 係一交流電源，輸送電流通過 R 及 L。可依照前一實驗方法，測量 I 及跨過 L 電壓 E_L，將數值代入下式，可求出感抗 X_L：

$$X_L = \frac{E_L}{I} \qquad (28—3)$$

X_L 求出後，再由下式求出 L 之值：

$$L=\frac{X_L}{2\pi F} \qquad (28-4)$$

在上式內，X_L 為已知感抗，單位為歐。F 為交流電之頻率，單位為赫。L 為所需之電感量，單位為亨。

例如：　現有一線圈，在 100 赫上之感抗等於 3,000 歐，求出其電感量之值。

解：

$$L=\frac{X_L}{2\pi F}=\frac{3,000}{6.28(100)}=4.78 \text{ 亨}$$

在圖 2—231 電路內，電流 I 可直接用交流安表（A–C Ammeter）測量。另一方法，可測量 R 之阻力及跨過 R 之電壓 E_R，並由下式求出 I 之值：

$$I=\frac{E_L}{R}$$

實驗程序：

電感器串連電路

1. 將東南基本實驗板 No. 8-D 及 No. 8–E 之電路，如圖 2—232 及 2—233 所示，研究清楚。

2. 用真空伏表配合電子示波器，測量圖 2—232電路內，跨過 L_1 電壓E_{L1} 及跨過電阻 R 電壓E_R，記錄在附表 2—27 內。

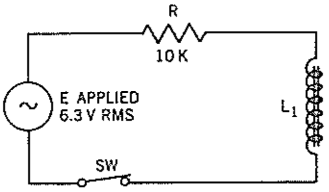


圖 2—232. 東南基本實驗板 No. 8-D，L R 串連電路。

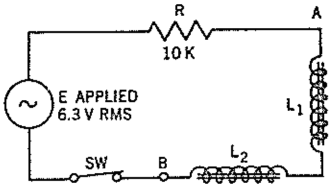


圖 2—233. 東南基本實驗板 No. 8–E，電感器串連電路。

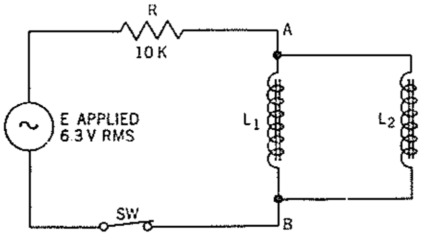


圖 2—234. 東南基本實驗板 No. 8–F，電感器並連電路。

附　表 2—27

E_{L1} 伏	E_R 伏	I_1 安	L_1 亨	E_{L2} 伏	E_R 伏	I_2 安	L_2 亨

3. 用 L_2 代替 L_1 接入圖 2—232 電路內，測量 E_{L2} 及 E_R，並記錄在附表 2—27 內。

4. 計出 I_1 及 I_2 數值，記錄在附表 2—27內。

5. 計出 L_1 及 L_2，記錄在附表 2—27 內。

6. 測量圖 2—233 之電感器串連電路，及將跨過 L_1 及 L_2 間（即 A 至 B 點）電壓 E_{LT} 及跨過 R 電壓 E_R 記錄在附表 2—28 內。

7. 計算及記錄電流 I 及 L_T 之值。

附　表 2—28. 串　連

E_{LT}	E_R	I	L_T

電　感　器　並　連　電　路

8. 測量圖 2—234 之電感器並連電路，記錄跨過 L_1 及 L_2（即A至B）電壓 E_{LT} 及跨過 R 電壓 E_R 在附表 2—29內。

9. 計算及記錄電流I及 L_T。

附　表 2—29. 並　連

E_{LT}	E_R	I	L_T

討　　論：

1. 試述求出電感器之電感量方法。

2. 求出附表 2—27 內 L_1 及 L_2 之和，並與附表 2—28 之測量數值 L_T 比較之。若兩者有偏差時，解釋其理。

3. 用公式（28—2）計算附表 2—27 內 L_T 數值，並與附表 2--29 內之 L_T 比較之，說明兩者偏差之理。

實驗 2——29　容電器之特性

目　　的：

1. 用實驗決定一容電器之容抗 X_C 之值。

2. 証明公式 $X_C = \frac{1}{2\pi FC}$。

3. 利用李沙如圖形分析在容電器電路內之電壓及電流相位關係。

應用儀器：

1　東南基本實驗板 No. 9。
1　真空管伏表。
1　電子示波器。
1　聲頻信號產生器。
1　容電量測驗器。

解　　釋：

容電器之容抗

容電器之容抗 X_C（Capacitive Reactance）係對交流電路之電流所顯出之反抗數量，其單位爲歐。容電器之 X_C 與線圈之 X_L 相同，係不能用歐表直接測量，必須利用交流電路內，由容電器對電流所產生之效應，並可間接測量其容抗。

X_C 之值係視乎頻率而定，並可由下式求出之：

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC} \qquad (29—1)$$

上式 X_C 單位爲歐，C爲法（Farads），F爲每秒赫。若將C單位改爲微法（μF）時，可直接代入公式內：

$$X_C = \frac{10^6}{2\pi FC} \qquad (29—2)$$

例如：設有一容電器之容量爲 0.1 微法，在 1000 赫上之容抗爲：

$$X_C = \frac{10^6}{(6.28)(1,000)(0.1)} = 1,592\text{歐。}$$

由公式（29—1）及（29—2）可知容抗 X_C 係與頻率成反比例變化，即頻率愈高，容抗愈小，反之，則愈大。對直流而言，因 F=0，X_C 等於無限大（Infinite），故直流電流不能通過容電器。

圖 2—235 電路係用以測量容電器之容抗，正弦電壓 E_C 輸送電流 I 通過電路。現將歐姆定律運用在交流電路內，可得：

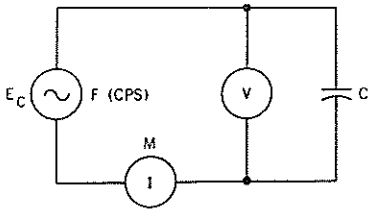


圖 2—235.　東南基本實驗板 No. 9-A 電路。

$$I = \frac{E}{Z} \qquad (29—3)$$

上式中之 I 測量單位爲安，E 爲伏及 Z 爲歐。Z 稱爲阻抗（Impedance），表示交流電路內之總反抗作用。在圖2—235 內，容電器C之容抗係電路內之阻抗，即係：

$$X_C = Z \qquad (29—4)$$

因此，通過容電器之電流 I 可由下式求出之：

$$I = \frac{E_C}{X_C} \qquad (29—5)$$

由上式可知當一交流電壓輸入一容電器時，通過容電器之交流電流之振幅係與跨過容電器間交流電壓振幅成正比例，而與容電器之容抗成反比例。

公式（29—5）亦可寫成：

$$X_C = \frac{E_C}{I} \qquad (29—6)$$

若輸入電壓之頻率已知，可用交流伏表測量跨過容電器 C電壓 E_C，及用交流安表測量電流 I，將三項數值代入公式（29—6），並可求出容抗 X_C 之值。

在圖2—236電路內，電阻R係與容電器 C 串連，通過R及 C之電流相同。在實驗時，可測量跨過 C 電壓E_C及跨過 R 電壓 E_R，並可決定X_C之值。由歐姆定律，可從已知R及E_R求出電流 I之 值：

$$I = \frac{E_R}{R} \qquad (29—7)$$

將已知 I 代入公式 (29— 6) 並可求出X_C之值。但爲簡便起見，可不必計算 I 之值，只將公式 (29— 7) 代入公式 (29— 6)，亦可求出X_C：

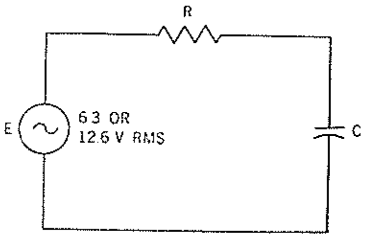


圖 2 —236.　東南基本實驗板 No. 9–B. 串連RC電路。

$$X_C = \frac{E_C}{E_R} \times R \qquad (29—8)$$

在一容電器內電壓及電流間相位關係

在一純容電量電路內，電流係導前電壓90°，此種相位關係可依照實驗2—27方法，用李沙如圖形以表示之。圖 2 —237 電路用以顯示在容電器內之 I 及 E 相位關係，低阻 R 與容電器 C 串連，使 X_C/R 比數大過 10，於是電路顯出純容電量作用；跨過R 電壓E_R係與電流 I 同相，因此測量E_R及輸入電壓 E 間相位，亦即測量容電器之E及 I 間相位。由電阻 R 所引起輕微偏差可忽畧之。

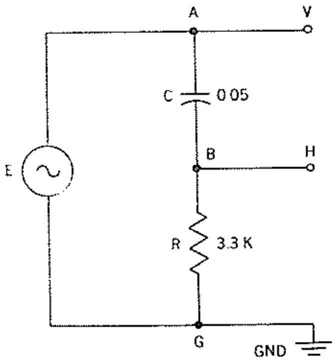


圖 2 —237.　東南基本實驗板 No. 9-C電路。

實驗程序：

用伏表—安表方法測量X_C

1.　用容電量測驗器 (Capacitance Tester)，測量附表 2 —30所列之 C 值，並記錄之。

2.　在東南基本實驗板 No. 9–A 電路內，如圖2—235所示，V 係真空管伏表旋在25伏交流電壓範圍。M係 5 毫

附　表 2—30

C(微法f)		I(毫安)	E_C(伏)	X_C(歐)	
規　定	測　量			$X_C = \frac{E_C}{I}$	$X_C = \frac{10^6}{2\pi FC}$
0.5		2			
		3			
		4			
0.1		1			
		2			
		3			

安交流電流表。C爲0.5微法紙質容電器。先將交流電能供給旋至零位。

3. 將電源閉合。增加交流電壓輸出，直至毫安表指在2毫安讀數上。用真空管伏表測量跨過C電壓E_C，記錄在附表2—30內，並計算及記錄X_C之值。其次增加交流電壓使$I=3$毫安，記錄E_C及計出X_C之值，列入附表2—30內。

4. 將交流電壓增加，使$I=4$毫安。將E_C及X_C之值記錄在附表2—30內。

5. 將C之測量值及F=50赫代入公式(29—2)，計算X_C及記錄在附表2—30內。

6. 依照程序3，4及5，將容電器改用0.1微法，分別調節電流至1，2及3毫安。將結果記錄在附表2—30內。

用電壓方法測量X_C

7. 將東南基本實驗板No. 9-B電路(圖2—236)內之R(5600歐及C(0.5微法)測量之，記錄在附表2—31內。

8. 將圖2—236電路閉合，測量跨過C電壓E_C及跨過R電壓E_R。計算$I=E_R/R$，$X_C=E_C/I$，及$X_C=10^6/2\pi FC$。將全部結果記錄在附表2—31內。

附 表 2—31

C(微法)		R(歐)		E_C 伏 (有效值)	E_R 伏 (有效值)	I 毫安	X_C(歐)	
規定	測量	規定	測量				$X_C=\frac{E_C}{I}$	$X_C=\frac{10^6}{2\pi FC}$
0.5		5,600						
0.1		5,600						

9. 改用0.1微法容電器C，依照程序7及8，再作一次。

測量E及I相位關係

10. 在圖2—237電路內，E係正弦波聲頻信號產生器，將其度盆旋在50赫上。設跨過A-G間電壓爲E_{AG}，由於跨過3,300歐電阻電壓降E_{BG}比跨過C電壓甚少，可忽畧不計，故E_{AG}可當作E_C。而E_{BG}則與電流I相同，同樣可用E_{BG}代表I。

11. 現將示波器垂直輸入接在A-G間，水平輸入接在B-G間。將水平掃動開關旋在水平輸入位置。

12. 調節示波器之垂直及水平增益，使垂直及水平偏移相等。現時銀幕即顯出一圓形李沙如圖形，表示在一容電器內之電壓及電流相位差爲90°。

討 論：

1. 試說明在交流電路內如何運用歐姆定律？
2. 對純容抗電路，如何運用歐姆定律，以求出通過容電器之電流？
3. 試解釋容電器之容抗X_C與頻率及容電量有何關係？
4. 將$X_C(E_C/I)$之測量數值，與公式數值$10^6/2\pi FC$作一比較，有何差異？

5. 列出限制本實驗測量準確度之因素。

6. 參照圖 2—237之電路，如何將跨過容電器電壓及通過容電器電流分別輸入示波器內，以測量 E 及 I 之相位關係？

實驗 2——30　容電器串連及並連；容電性分壓器

目的：

1. 用實驗證明並連容電器之總容電量C_T係：

$$C_T=C_1+C_2+C_3+\cdots\cdots$$

2. 用實驗證明串連容電器之總容電量C_T係：

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\cdots\cdots$$

3. 研究容電性分壓器之特性。

應用儀器：

1 東南基本實驗板 No. 9。

1 電子示波器。

1 容電量測驗器。

1 真空管伏表。

解釋：

容電器連接之總容電量

在電子工程設計上，常用容電器串連及並連電路。現先討論容電器並連電路之作用。在圖 2—238 電路內，C_1 與 C_2 並連，交流電壓E係均等跨過C_1及C_2，而總電流I_T則等於通過C_1之I_1，及通過C_2之I_2兩分流之和。

現設：　E ＝輸入交流電壓。

E_1 ＝跨過 C_1 電壓。

E_2 ＝跨過 C_2 電壓。

C_T ＝總容電量。

Q_T＝C_T之總電荷。

Q_1＝C_1之電荷。

Q_2＝C_2之電荷。

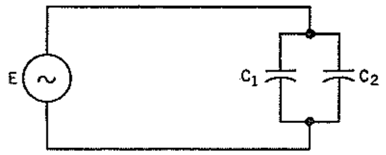


圖 2—238. 容電器並連在一交流電路內。

由容電器公式：

$$C=\frac{Q}{E}$$

或

$$C_T=\frac{Q_T}{E}$$

總電荷係：

$$Q_T = C_T E$$

在並連內總電荷：

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$C_T E = C_1 E_1 + C_2 E_2$$

因：

$$E = E_1 = E_2$$

故：

$$C_T E = E(C_1 + C_2)$$

$$C_T = C_1 + C_2 \qquad (30-2)$$

若有三個以上容電器並連時，總容電量等於：

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots\cdots \qquad (30-3)$$

圖 2 — 239 爲容電器串連電路，總電流 I_T 與通過 C_1 及 C_2 之電流 I_1 與 I_2 均相等。但輸入總電壓 E_T 則等於跨過 C_1 電壓 E_1 及跨過 C_2 電壓 E_2 兩者之和，即係：

$$E = E_1 + E_2$$

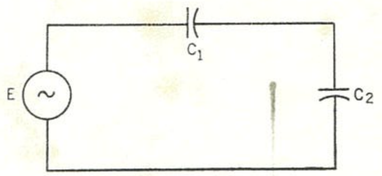


圖 2 —239. 容電器串連在一交流電路內。

代入公式 (30— 1) 可得：

$$\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2}$$

因

$$Q_T = Q_1 = Q_2$$

故：

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{C_2} \qquad (30-4)$$

若有三個以上容電器串連時，總容電量等於：

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \cdots\cdots \qquad (30-5)$$

由公式 (30—3) 及 (30—4) 比較，可知在並連容電器電路內，容電器愈多，其總容電量亦愈大。但在串連電路內，串連容電器愈多，其總容電量則愈少。總容電量 C_T 之值可用各種實驗法決定之。最簡便方法係用容電器測驗器測量之。若用實驗室標準容電橋，則測量之 C_T 可達到高度準確性。

本實驗所用之方法係先決定電路內之總容抗值 X_{CT}，然後由下列公式求出 C_T 之值：

$$C_T = \frac{1}{2\pi F X_{CT}} \qquad (30-6)$$

至於總容抗值，可測量跨過容電器連接電路間之電壓 E_C 及通過電流 I_C 之值，再由下式求出 X_{CT}：

$$X_{CT} = \frac{E_C}{I_C} \qquad (30-7)$$

容電器電流可用交流安表測量之，或用一電阻與容電器串連，將測出跨過電阻之電壓降 E_R 除以已知阻力 R，並可求出串連電路電流——亦即 I_C 之值：

$$I_C = \frac{E_R}{R} \qquad (30-8)$$

容電性分壓器

當一交流電壓輸至串連容電器間，如圖 2 — 239 所示，則跨過每一容電器間電壓之和等於輸入電壓。跨過一容電器電壓 E_C 係：

$$E_C = I_C \times X_C \qquad (30—9)$$

在串連電路內，通過每一容電器電流 I_C 均相同。由於容抗係與容電量成反比例，故在一容電性分壓器內 (Capacitive Voltage Divider)，容電量愈小，跨過之電壓降愈大，反之則愈小。

在圖 2 — 239 之分壓器內，可用下式求出跨過 C_1 及 C_2 之電壓真實關係：

$$E_{C1} = I_C \times X_{C1} = \frac{I_C}{2\pi FC_1}$$

$$E_{C2} = I_C \times X_{C2} = \frac{I_C}{2\pi FC_2}$$

故此：

$$\frac{E_{C1}}{E_{C2}} = \frac{\frac{I_C}{2\pi FC_1}}{\frac{I_C}{2\pi FC_2}}$$

及：

$$\frac{E_{C1}}{E_{C2}} = \frac{C_2}{C_1} \qquad (30—10)$$

若用三個容電器 C_1，C_2 及 C_3 串連，則跨過每個容電器間電壓關係會成爲：

$$\frac{E_{C1}}{E_{C2}} = \frac{C_2}{C_1}$$

$$\frac{E_{C2}}{E_{C3}} = \frac{C_3}{C_2} \qquad (30—11)$$

在兩個或多個容電串連電路內，跨過任意容電器 C 電壓對跨過總容器 C_T 電壓之關係爲：

$$\frac{E_C}{E_T} = \frac{C_T}{C} \qquad (30—12)$$

實驗程序：

容電器並連之總容電量

（方法A）

1. 用容電量測驗器，將列在附表 2 —32內之容電器測量並記錄之。
2. 將下列各組容電器並連之總容電量 C_T 測量，記錄在附表 2 —32內：
   a. 容電器 C_1，C_2，C_3，C_4。
   b. 容電器 C_2，C_3，C_4。

附　表 2—32

容電器	C_1	C_2	C_3	C_4	並連總容電量 C_T		
					測量(方法A)		公式數值
規定值微法	0.5	0.1	0.1	0.05	a.		
					b.		
測量值微法					c.		
					d.		

c.　容電器 C_1，C_2，C_3。

d.　容電器 C_1，C_2。

其次將每組之容電器個別測量數值，用公式計算其總容電量 C_T，記錄在附表 2—32 內。

例如：　設 C_1 測量數值爲0.47微法，C_2 爲0.11微法。則

$$C_T = C_1 + C_2 = 0.47 + 0.11 = 0.58\text{微法。}$$

(方法B)

3.　在圖 2—240 電路內，M 係 0–5 毫安交流表，真空管伏表旋在 10 伏交流電壓範圍上。測量跨過容電器電壓 E_C 及總電流 I_T，並記錄在附表 2—33 內。用公式(30—7)計算及記錄 X_{CT} 之值。

將 X_{CT} 之計算值代入公式(30—6)，計出及記錄 C_T 之值。

例如：設 E_{CT}=7.8伏，I=0.0021安，F=60赫，則

$$X_{CT} = \frac{E_{CT}}{I_T} = \frac{7.8}{0.0021} = 3{,}720\text{歐}$$

$$C_T = \frac{1}{2\pi F X_{CT}} = \frac{1}{6.28(60)(3{,}720)}\text{法}$$

$$C_T = \frac{10^6}{6.28(60)(3{,}720)}\text{微法}$$

$$C_T = 0.715\text{微法。}$$

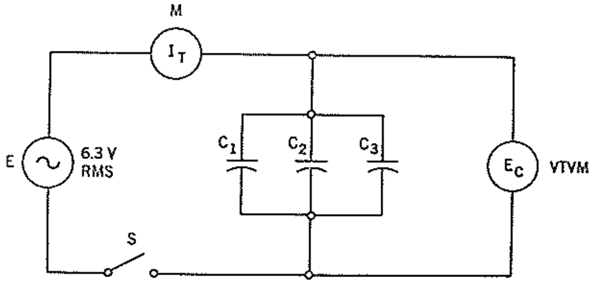


圖 2—240.　東南基本實驗板 No. 9-D. 容電器並連測驗電路。

將附表2—32所記錄 c 項公式數值，抄寫在附表2—33內。

4.　將圖2—240電路內之 C_3 移開，依照程序3重作一次。

附　表 2—33

容電器並連	I_T 毫安	E_C 伏	X_{CT} 歐	C_T(微法)	
				計算(方法B)	公式數值
c.(C_1，C_2，C_3)					
d.　(C_1，C_2)					

容電器串連之總容電量

（方法A）

5. 用容電量測驗器，將下列各組串連容電器之總容電量測量，並記錄在附表 2 —34 內，每一容電器之規定值可參照附表2—32所列。

a. 容電器C_1，C_2。

b. 容電器C_1，C_2，C_3。

c. 容電器C_1，C_2，C_3，C_4。

d. 容電器C_1，C_4。

利用附表 2 — 32 所列每個容電器之測量數值，計算每組之總容電量 C_T 記錄在附表 2 —34 內。

例如： 現設容電器 C_1測出爲0.47微法，C_2爲0.11微法，則 a 組之串連總容電器爲：

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}$$

及

$$\frac{1}{C_T}=\frac{1}{0.47}+\frac{1}{0.11}=11.2$$

$$C_T=\frac{1}{11.2}=0.089\text{微法}$$

附　表 2—34

容電器串連	C_T（微法）		E_R 伏	E_{CT} 伏	I_T 毫安	X_{CT} 歐	C_T 微法 (方法B)
	方法A 測量	計算					
a. C_1，C_2							
b. C_1，C_2，C_3							
c. C_1，C_2，C_3，C_4			X	X	X	X	X
d. C_1，C_4			X	X	X	X	X

（方法B）

6. 圖2—241爲串連容電器測驗電路。用真空管伏表測量跨過R電壓 E_R，及跨過串連容電器（A至B點）總電壓 E_{CT}，記錄在附表 2 —34內。用下式計算電路內之電流 I_T 之值：

$$I_T=\frac{E_R}{R}$$

採用公式（30—7）及（30—6）分別計算 X_{CT}及C_T之值，記錄在附表2—34之 a 項內。（可參考程序3之之舉例）

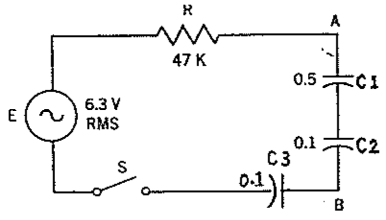


圖 2 —241. 東南基本實驗板 No. 9 – E。串連容電器測驗電路，用電壓–電流方法以決定X_{CT}及C_T。

7. 將0.1微法容電器C_3加入與C_1及C_2串連，依照程序6再作一次，並記錄在附表2—34之b項內。

容電性分壓器

8. 將圖2—242電路閉合，用真空管伏表或用示波器測量跨過C_1，C_2及C_3各個容電器間峯至峯電壓E_{C1}，E_{C2}及E_{C3}，用自製附表2—35記錄之。

9. 應用公式(30—11)及(30—12)，將容電器C_1，C_2及C_3之測量值(參考附表2—32及2—34)，計算跨過每個容電器間之峯至峯電壓值，並記錄在附表2—35內。

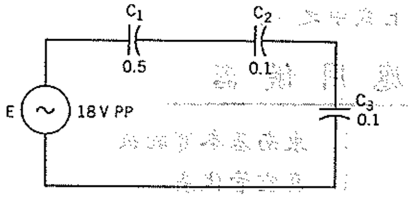


圖2—242. 東南基本實驗板 No. 9-F. 容電性分壓器測驗電路。

例如：設C_1及C_T之測量值相對爲0.47微法及0.046微法，及E_T=18伏，則

$$\frac{E_{C1}}{E_T}=\frac{C_T}{C_1}$$

及
$$E_{C1}=E_T\times\frac{C_T}{C_1}=18\times\frac{0.046}{0.47}=1.76\text{伏峯至峯。}$$

討　　論：

1. 參考圖2—238.當加入第三個容電器C_3與C1及2並連時，對於總電流I_T有何影响？試說明之。

2. 參考圖2—239.當加入第三個容電器C_3與C_1及C_2串連時，對於總電流I_T有何影响？試說明之。

3. 參考附表2—32. C_T之測量值(用方法A)與公式值(用公式30—2計算)比較有何偏差？試說明之。

4. 參考附表2—33. C_T之計算值(用方法B決定並連容電器之總容電量)與公式數值有何偏差？試說明之

5. 當測量並連容電器之總容電量C_T時，以何種方法——方法A或B——所得結果較爲準確？何故？

6. 測量串連容電器之總容電量C_T，以何種方法——A或B較爲準確？何故？

7. 現設有三個容電器串連跨接100伏交流電源間，容電器之容電量比率爲1：2：3，求出跨過每一容電器之電壓。

8. 將串連阻力式直流分壓器及串連容電交流分壓器之電壓公式比較之，並說明兩者間之差異點。

實驗 2——31　RL串連電路之阻抗

目　　的：

1. 證明串連RL電路之阻抗Z之公式：

$$Z=\sqrt{R^2+X_L{}^2}$$

2. 證明 Z，R，及 X_L 三者關係之公式：

$$Z=\frac{R}{\text{Cos }\theta}=\frac{X_L}{\text{Sin }\theta}$$

上式中之 θ 係 R 及 Z 間之相角。

應用儀器：

1　東南基本實驗板No. 10

1　真空管伏表

解　　釋：

RL串連電路之阻抗

在一交流電路內，對交流電流之總反抗稱爲阻抗（Impedance）。設在圖2—243電路內，扼流圈L之阻力爲零，當交流電通過時只受扼流圈之感抗 X_L 所阻止，此即表示 $Z=X_L$。假定L＝8亨，F＝60赫，則

$$X_L=2\pi FL=6.28(60)(8)=3{,}015\text{歐}$$

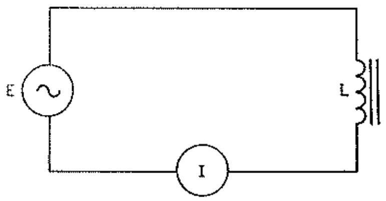


圖 2—243.　在一純電感量內之電流 I 只受電路之感抗所限制。

若輸入交流電壓 E＝6.3伏，則通過電路之電流爲：

$$I=\frac{E}{X_L}=\frac{6.3}{3015}=2.09\text{毫安。}$$

設有一3,000歐電阻R與L串連，如圖2—244所示，X_L 之值保持不變，從測量上可指出通過電路電流爲1.485毫安。由此可知L與R串連之阻抗Z並非等於兩者算術相加之和，而係等於 X_L 及 R 之向量和（Vector Sum）。

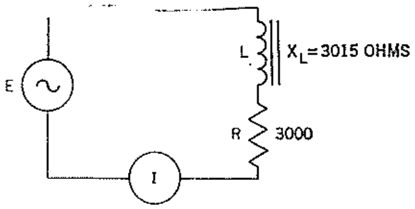


圖 2—244.　L與R串連之阻抗比純L較大。

圖2—245之向量圖指出R與 X_L 互成直角，而 X_L 係導前R 90°。亦即表示R及 X_L 間之相位差爲90°。欲完成向量相加，可經A作一綫與OB平行及經B作一綫與OA平行，再由兩綫之交點C與O間作一直綫OC代表合力向量。由於向量AC與 X_L 相同，故OC係 X_L 及R兩者之向量和——阻抗Z。在直角三角形內，Z爲斜邊，X_L 爲垂綫，R爲底邊。根據直角三角形畢氏定理(Pythagorean Theorem)，可知：

$$Z=\sqrt{R^2+X_L{}^2} \qquad (31-1)$$

例如：設R＝40歐，X_L＝25歐，則

$$Z=\sqrt{40^2+25^2}=\sqrt{1600+625}=\sqrt{2225}=47.17\text{歐}$$

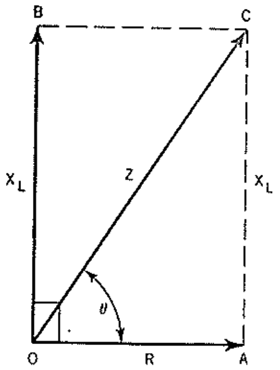


圖 2—245.
在一串連RL電路內之向量關係。

為減少算術之計算麻繁，及增加有效方法以分析交流電路，三角法已被普遍採用計算阻抗Z之值。若圖2—244中之R及Z已知，可求出R及Z間之角θ：

$$\tan\theta=\frac{X_L}{R}$$

及

$$\theta=\arc\tan\frac{X_L}{R} \qquad (31—2)$$

若θ角及X_L已知，則可由下式求出Z:

$$\sin\theta=\frac{X_L}{Z}$$

及

$$Z=\frac{X_L}{\sin\theta} \qquad (31—3)$$

同樣

$$Z=\frac{R}{\cos\theta} \qquad (31—4)$$

可依下列步驟求出Z之值：

1. 應用公式(31—2)求出Z及R間相角。
2. 應用公式(31—3)及(31—4)，求出Z之值。

例如：設R=40歐，X_L=25歐，求出Z之值。

解：1.

$$\tan\theta=\frac{X_L}{R}=\frac{25}{40}=0.625$$

$$\theta=32°$$

2.

$$Z=\frac{X_L}{\sin\theta}=\frac{25}{\sin 32°}=\frac{25}{0.530}=47.2\text{歐}$$

或

$$Z=\frac{R}{\cos\theta}=\frac{40}{\cos 32°}=\frac{40}{0.848}=47.2\text{歐。}$$

歐姆定律應用在串連RL電路內

在交流電路內，歐姆定律係表示電路電流I等於輸入電壓E及阻抗Z之比數：

$$I=\frac{E}{Z} \qquad (31—5)$$

及

$$Z=\frac{E}{I} \qquad (31—6)$$

在圖2—244電路內，可測量E及I之值，代入公式(31—6)，並可求出Z。例如設X_L=25歐，R=40歐，輸入電壓E=47伏，測量電流I=1安，電路之阻抗Z則為：

$$Z=\frac{E}{I}=\frac{47}{1}=47\text{歐。}$$

用測量電流方法所計出阻抗Z之值，若與用正角三角形公式(31—1)或用三角法公式(31—3)及(31—4)所計出之數值相同，並可證明各公式在理論上獲得真實性。

若不直接測量電路電流，亦可先測量跨過電阻R之電壓E_R，然後計出通過R之電流I：

$$I=\frac{E_R}{R} \qquad (31—7)$$

實驗程序：

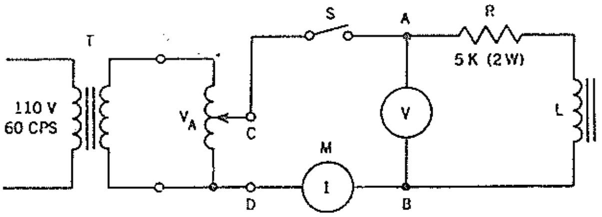


圖 2 —246.　東南基本實驗板 No. 10–A 決定阻抗Z之串連RL電路。

1. 在圖 2 — 246 電路內，S 開路，將真空管伏表 V，旋在交流電壓範圍上，並接上0-25毫安交流表M。

2. 將電源開關 S 閉合，調節供給交流電壓，直至電流表指在15毫安(0.015安)讀數上。分別測量跨過A-B間有效值電壓E_{AB}，跨過R電壓E_R及跨過 L 間電壓 E_L，並記錄在附表 2 —36內。其次計算X_L及 Z 之值 ($X_L = E_L/I$; $Z = E_{AB}/I$)。

附　表 2—36

R 歐	I 安	E_{AB} 伏	E_R 伏	E_L 伏	$X_L=\frac{E_L}{I}$ 歐	$Z=\frac{E_{AB}}{I}$ 歐	$Z=\sqrt{R^2+X_L{}^2}$ 歐	$I=\frac{E_R}{R}$ 安
5,000	0.015							
1,200	0.015							

3. 將X_L及R(5K)代入公式 $Z=\sqrt{R^2+X_L{}^2}$，求出 Z 及記錄在附表 2 —36內。

4. 求出 $I = E_R/R$之值與 I 之測量值比較之。記錄在附表 2 —36內。

5. 將S 開路，將電阻 R 換上1,200歐。

6. 將S 閉路，依程序2，3，及4再作一次。並記錄在附表 2 —36內。

7. 將附表 2 —36 所記錄之 R =5,000歐及 R =1,200歐之相對 $Z = E_{AB}/I$ 及 $X_L = E_L/I$ 值抄寫在附表 2 —37內。採用公式(31— 2)，求出 tan θ 及 θ 之值。其次採用公式(31—3)及 (31—4)，求出 Z 之相對值。

附　表 2—37

R 歐	$Z=\frac{E_{AB}}{I}$ 歐	$X_L=\frac{E_L}{I}$ 歐	$\tan\theta=\frac{X_L}{R}$	θ 度數	Z (歐) = $\frac{R}{\cos\theta}$	 $\frac{X_L}{\sin\theta}$
5,000						
1,200						

討　　論：

1. 參考附表 2 —36，當 R =5,000歐，所求出之 Z 兩種數值是否相等？

2. 參考附表 2 —36，當 R =1,200歐，所求出之 Z 兩種數值是否相等？

3. 參考附表 2 —36，毫安表所記錄之電流 I 數值是否與$I = E_R/R$ 計算數值相同？試說明之。

4. 解釋Z之意義。

5. 列在附表2—37內之資料，其結果可否用以證明公式(31—3)及(31—4)？試解釋之。

6. 在圖2—246電路內，當用真空管伏表測量C-D點間電壓以代替A-B點間，所得記錄，有何差異？試說明之。

實驗 2——32　RL串連電路之特性

目的：

1. 測量在一RL串連電路之輸入電壓E及電流I間之相角θ。
2. 證明下列公式所述輸入電壓E，跨過R電壓E_R及跨過L電壓E_L間之關係：

$$E=\sqrt{E_R^2+E_L^2}$$

$$E_R=E\cos\theta=E\times\frac{R}{Z}$$

$$E_L=E\sin\theta=E\times\frac{X_L}{Z}$$

應用儀器：

1 真空管伏表

1 電子示波器

1 東南基本實驗板 No. 10

解釋：

輸入電壓及電流之相角關係

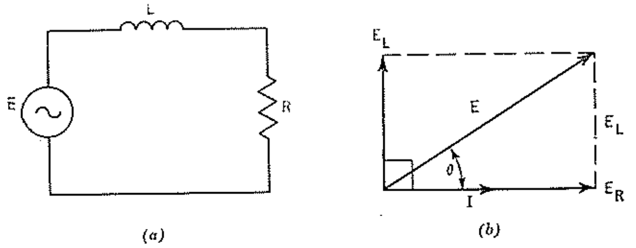


圖2—247. 在一RL串連電路內之相位關係。

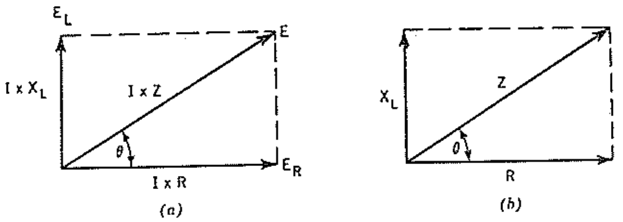


圖2—248. E及I間相角θ係與Z及R間相角θ相同。

圖2—247(a)為一RL串連電路。在串連電路內，任何部份之電流均相同，故電流I可作為E_R，E_L及E間相位關係之參考向量。由於在電阻內之電流與電壓係同相，故跨過R電壓E_R可作為向量I之伸長綫，如圖2—247(b)所示。在一電感量內，電流係滯後電壓E_L 90°，故E_L向量係導前I 90°，同時E_L亦導前E_R 90°。E為E_R及E_L之向量和，根據畢氏定理：

$$E=\sqrt{E_R^2+E_L^2}\qquad(32—1)$$

由於$E_R=IR$，$E_L=IX_L$，及$E=IZ$，現改用圖2—248(a)表示圖2—247(b)各電壓相位關

係。在每一電壓之乘積內，I 爲通因數，可以消除之，而只留存阻抗向量，如圖 2—248(b) 所示。故圖 2—247 (b) 及圖 2—248 (b) 之相角 θ 係相同。

現進一步分析圖 2—247 (b) 之電壓E，E_R，E_L及相角 θ 間之關係，可得：

$$\frac{E_R}{E} = \cos\theta \qquad (32—2)$$

$$E_R = E\cos\theta \qquad (32—3)$$

同樣：

$$E_L = E\sin\theta \qquad (32—4)$$

由圖2–248(b)之阻抗三角形，可知：

$$\cos\theta = \frac{R}{Z}$$

及

$$\sin\theta = \frac{X_L}{Z}$$

將此三角涵數值代入公式 (32—3) 及 (32—4)，可得：

$$E_R = E \times \frac{R}{Z} \qquad (32—5)$$

及

$$E_L = E \times \frac{X_L}{Z} \qquad (32—6)$$

在一串連 RL 電路內，若輸入電壓 E，阻力 R 及感抗 X_L 爲已知數，則可分別用公式 (32—3)，(32—4)，(32—5)，及 (32—6) 以計出電壓 E_R 及 E_L 之值。

例如：設在一 RL 串連電路內，R=40歐，X_L =25歐，輸入電壓 E=47伏，求出下列各值：

1. E 及 I 間相角 θ？
2. 跨過 R 電壓E_R？
3. 跨過 L 電壓E_L？

解 1：採用公式 (32—3) 及 (32—4)：

1. $\tan\theta = \frac{X_L}{R} = \frac{25}{40} = 0.625$

   $\theta = 32°$

2. $E_R = E\cos\theta$

   $= 47\cos 32°$

   $= 40$伏

3. $E_L = E\sin\theta$

   $= 47\sin 32°$

   $= 25$伏

解 2：採用公式 (32—5) 及 (32—6)

1. $\tan\theta = \frac{X_L}{R} = \frac{25}{40} = 0.625$

   $\theta = 32°$

2. $$Z=\frac{R}{\cos\theta}=\frac{40}{\cos 32^\circ}=47\text{歐}$$

$$E_R=E\times\frac{R}{Z}$$

$$=47\times\left(\frac{40}{47}\right)$$

$$=40\text{伏}$$

3. $$E_L=E\times\frac{X_L}{Z}$$

$$=47\times\left(\frac{25}{47}\right)$$

$$=25\text{伏}$$

現將求出 E_R 及 E_L 數值代入公式（32—1）以核算之，可得：

$$E=\sqrt{40^2+25^2}$$

$$=47\text{伏}$$

核算E值與已知輸入電壓E確實相等，由此可證明以上解法係正確無誤。

實驗程序：

測量相角 θ

在圖2—247(a)中，跨過R之電壓 E_R 係與電流I同相。可依照實驗2—26用李沙如圖形方法測量輸入電壓E與 E_R 之相角，並可測出E導前I之相角，根本上此兩相角均相同。

1. 依照圖2—249（a）所示，接上示波器。E係6.3伏（有效值）電源。L爲8亨，50微安直流電流，內阻250歐鐵心扼流圈。因R=4700歐，L之內阻可忽畧不計，結果上會引起無關重要之錯誤。現將示波器水平/掃動選擇開關旋至水平輸入。將電源閉合。

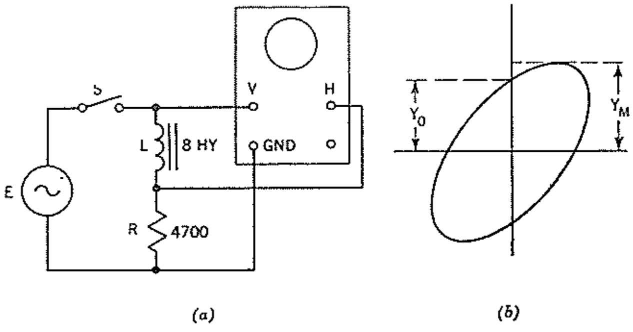


圖2—249. 東南基本實驗板 No. 10-B，測量E及I間相位。

2. 調節示波器垂直增益，使垂直偏移至2吋，調節水平增益，使水平偏移至2吋，旋垂直及水平定位控制器，將圖形集中在X及Y軸之中心，如圖2—249(b)所示。測量 Y_0 及 Y_M 距離，記錄在附表2—38內，並代入下式求出相角之值：

$$\theta=\arc\sin\frac{Y_0}{Y_M} \qquad (32-7)$$

3. 可依下法證明以上所測相角θ係與Z及R間相角相同：用真空管伏表測量及記錄跨過R之電壓 E_R，及用公式 $I=E_R/R$ 計出電流I之值。其次測量跨過L有效值電壓 E_L，並

用公式 $X_L=E_L/I$ 計算感抗 X_L 之值。最後將 X_L 及 R 值代入下式求出相角 θ：

$$\theta=\arctan\frac{X_L}{R}$$

由測量及計算之 θ 兩數值應當相同，或非常合理接近。

4. 將 R 換上1200歐電阻，依照程序 2 及 3 再作 θ 測量及計算。

證明公式 $E=\sqrt{E_R^2+E_L^2}$

5. 將附表 2—38 內每一阻值之 E_R 及 E_L 抄寫在附表 2—39內，再將每項相對 E_R，E_L 代入 $\sqrt{E_R^2+E_L^2}$ 求出 E 值記錄之。

6. 根據附表 2—38及2—39之資料，證明公式（32—3），（32—4），（32—5），及（32－6）之關係，將計算結果用表列出之。

附　表 2—38

R 歐	Y_M 吋	Y_0 吋	$\theta=\arcsin\frac{Y_0}{Y_M}$ 度　數	E_R 伏	$I=\frac{E_R}{R}$ 安	E_L 伏	$X_L=\frac{E_L}{I}$ 歐	$\theta=\arctan\frac{X_L}{R}$ 度　數
4,700								
1,200								

附　表 2—39

R 歐	輸入電壓E 伏，有效值	E_R 伏	E_L 伏	$\sqrt{E_R^2+E_L^2}$ 伏
4,700	6.3			
1,200	6.3			

討　　論：

1. 根據附表 2—38，當R=4,700歐時，何以 θ 之兩個數值相等？或不相等？試解釋之。當R=1,200歐時又如何？

2. 在本實驗中所用李沙如圖形方法以決定相角，會由何種因素引起錯誤？

3. 在本實驗中所得結果，足以證明 $E=\sqrt{E_R^2+E_L^2}$ 否？

4. 將附表2—40各空格內之未知數值求出之。

附　表 2—40

R 歐	L 亨	輸入電壓E 伏	F 赫	E_L 伏	E_R 伏	θ 度	X_L 歐	Z 歐
10,000	0.03	100	100,000					
	0.05	80	50,000	60				

實驗 2——33　串連 R C 電路之阻抗

目　　的：

1. 證明一串連 RC電路內之阻抗 Z 可由下式求出：

$$Z=\sqrt{R^2+X_C{}^2}$$

2. 證明 Z，R 及 X_C 三者間關係，可由下式求出：

$$Z=\frac{R}{\cos\theta}=\frac{X_C}{\sin\theta}$$

θ 係 Z 及 R 間之相角。

應用儀器：

1　東南基本實驗板 No. 10

1　真空管伏表

1　萬用電表

解　　釋：

分析圖 2—250之 RC 串連電路之阻抗，與分析 RL 串連電路之阻抗非常相似。RC 電路之阻抗向量，等於 X_C 及 R 向量之和。

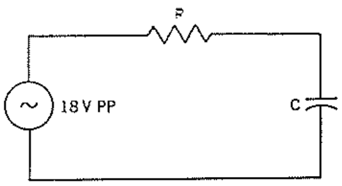


圖 2—250.　串連 RC 電路

圖2—251係一向量圖，表示 R 與 X_C 互成直角，而X_C則滯後 R 90°。Z 係 R及R_C 之向量和，故 Z 成爲一直角三角形之斜邊，R 及 X_C則爲其他兩邊。採用畢氏定理，可得：

$$Z=\sqrt{R^2+X_C{}^2} \qquad (33-1)$$

在上式中，若R及X_C之值已知，可求出RC電路阻抗之值。例如，設R＝30歐，X_C＝40歐，則

$$Z=\sqrt{30^2+40^2}=50\text{歐。}$$

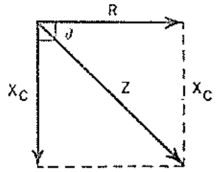


圖 2—251.　串連 RC 電路之阻抗。

再次參考圖2—251所示，若 R及X_C 已知，可用下式求出R及 Z 間之相角 θ：

因爲：
$$\tan\theta=\frac{X_C}{R} \qquad (33-2)$$

及：
$$\theta=\text{arc tan}\,\frac{X_C}{R} \qquad (33-3)$$

同時：
$$\frac{X_C}{Z}=\sin\theta \qquad (33-4)$$

$$Z=\frac{X_C}{\sin\theta} \qquad (33-5)$$

同樣：
$$Z=\frac{R}{\cos\theta} \qquad (33-6)$$

欲求出 θ 之值，可依以下簡單方法：

1. 採用公式 (33—2) 及 (33—3) 求出 θ 。
2. 採用公式 (33—5) 或 (33—6) 求出 Z 。

例如：設R＝30歐，X_C＝40歐，求出 Z 之值。

解：先繪出向量三角形 (如圖2—251) 。

1. $$\tan\theta=\frac{X_C}{R}=\frac{40}{30}=1.33$$

$$\theta=53.1°$$

2. $$Z=\frac{R}{\cos\theta}=\frac{30}{\cos 53.1°}=50\text{歐}$$

或 $$Z=\frac{X_C}{\sin\theta}=\frac{40}{\sin 53.1°}=50\text{歐}$$

應　用　歐　姆　定　律

串連RC電路內亦可應用歐姆定律，以求出阻抗Z之值，即係：

$$I=\frac{E}{Z} \qquad (33—7)$$

及

$$Z=\frac{E}{I} \qquad (33—8)$$

若在圖 2 —250電路內，將測量 E 及 I 之數值，代入公式 (33—8) 並可求出 Z 之值。現再用公式 (33—1) ，(33—5) 或 (33— 6) 計算 Z ，若每種方法求出 Z 之值均相同，並可以證明 Z ，X_C及R之直角三角形關係。

例如：假設在串連電路內 (圖 2 —250) ，X_C＝40歐，R＝30歐，輸入電壓E＝10伏。用毫安表插入電路內測出電流爲0.2安，現可求出阻抗等於：

$$Z=\frac{E}{I}=\frac{10}{0.2}=50\text{歐}$$

電流測量及 Z 之計算，可作爲公式 (33—1) ，(33— 5) ，及 (33—6) 之證明。

第二種求出圖2—250交流電路之電流方法，可直接測量跨過R之交流電壓 E_R，然後由公式 $I=E_R/R$ 求出 I 值，再進一步求出 $Z=E/I$ 之值。

實驗程序：

1. 先將圖 2 — 252 電路內之開關 S 開路，R 係5,600歐電阻；C 係0.5微法容電器，V_A係一可變單捲變壓器。T 爲1：1隔離變壓器。M爲交流電流表。V 係真空管伏表，旋在 100 伏交流範圍上。

2. 將S 閉路。調節V_A直至毫安表指在10毫安 (0.01安) 讀數上。用真空管伏表測量跨過RC電路電壓E，並記錄在附表2—41內。將E及 I 測量

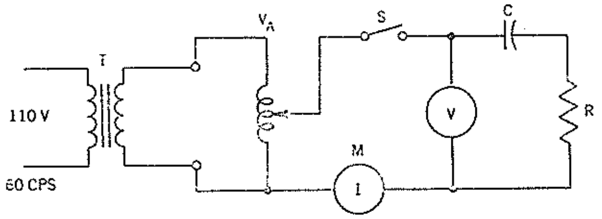


圖 2 —252.　東南基本實驗板 No. 10-C，用以決定串連RC電路之阻抗。

數值代入公式（33—8），計算Z，記錄在E/I 項內。

3. 用下式計算X_C：

$$X_C=\frac{1}{2\pi FC}$$

F爲電源頻率，等於50赫。記錄X_C在附表2—41內。用公式（33—1）計算及記錄Z。

4. 測量及記錄跨過R電壓E_R。用公式$I=E_R/R$求出I值並記錄在E_R/R項內。

5. 將電源開路。將C換上0.1微法容電器，及換上22,000歐電阻R。將交流電流表旋在0-5毫安範圍上。依照程序2，3，4重作一次，但要調節V_A使電流表指在2毫安(0.002安)讀數上。

6. 將附表2—41內C=0.5及0.1微法之相應$Z=E/I$及X_C抄寫在附表2—42內。應用公式（33—2）及（33—3）求出每一C及R之$\tan\theta$及Z，記錄在附表2—42內。其次應用公式（33—5）及（33—6）計算Z之相對值。

附 表 2—41

R 歐	C 微法	I 安	E 伏	$Z=\frac{E}{I}$ 歐	X_C 歐	$Z=\sqrt{R^2+X_C^2}$ 歐	E_R 伏	$I=\frac{E_R}{R}$ 安
5,600	0.5	0.01						
22,000	0.1	0.002						

附 表 2—42

R 歐	C 微法	I 安	$Z=\frac{E}{I}$ 歐	X_C 歐	$\tan\theta=\frac{X_C}{R}$	θ 度	Z（歐）=	
							$\frac{R}{\cos\theta}$	$\frac{X_C}{\sin\theta}$
5,600	0.5	0.01						
22,000	0.1	0.002						

討 論：

1. 解釋Z之意義。
2. 由附表2—42所獲得結果，可否證明公式（33—5）及（33—6），試說明之。
3. 列在附表2—41內之資料，可能引起錯誤之來源爲何？

實驗 2——34 串連RC電路之特性

目 的：

1. 測量串連RC電路內之輸入電壓E及電流I間相角θ。
2. 證明下列公式所述輸入電壓E，跨過R電壓E_R及跨過C電壓E_C間之關係：

$$E=\sqrt{E_R^2+E_C^2}$$

$$E_R=E\cos\theta=E\times\frac{R}{Z}$$

$$E_C=E\sin\theta=E\times\frac{X_C}{Z}$$

應用儀器：

1　東南基本實驗板 No. 10。
1　電子示波器。
1　真空管伏表。

解　　釋：

圖 2—523 (a) 係一串連 RC 電路，在此電路內任何部份電流均相同；故可用電流作爲E_R及E_C間相位關係之參考向量，如圖 2—253 (b) 所示。因在電阻內之電流係與電壓同相，故E_R可作爲向量 I 之延長綫。但在容電器内之電流則導前跨過容電器電壓90°，故向量E_C係顯示滯後電流 I 90°，同時E_C亦滯後E_R 90°。

在串連 RC 分壓器內(圖 2—253 a)，E_R及E_C分別爲跨過 R 及 C 之相對電壓，故輸入電壓E，成爲E_R及E_C之向量和 (圖 2—253b)。同樣E 爲直角三角形之斜邊，E_R及E_C爲其他兩邊。採用畢氏定理，可得：

$$E=\sqrt{E_R^2+E_C^2} \qquad (34—1)$$

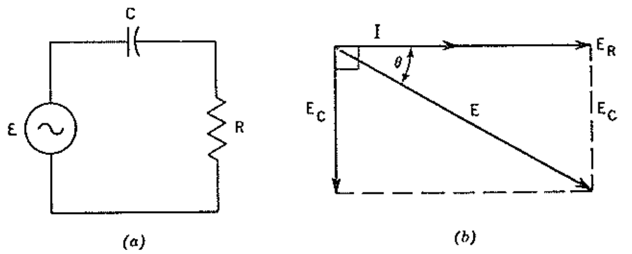


圖 2—253.　在一串連 RC 電路之相位關係。

圖 2—253 (b) 亦啓示在串連RC電路內，輸入電壓E及電流 I 間相位關係，即電流 I 係導前輸入電壓 E 一個 θ 角。

由於$E_R=IR$，$E_C=IX_C$，及$E=IZ$，現可改用圖 2—254 (a) 代表圖 2—253 (b) 各電壓相位關係。又因在每一電壓之乘積內，I 爲通因數，可以消除之，而只留存阻抗向量，如圖2—254(b) 所示。故圖2—253 (b) 與2—254 (b) 之相角 θ 均相同。

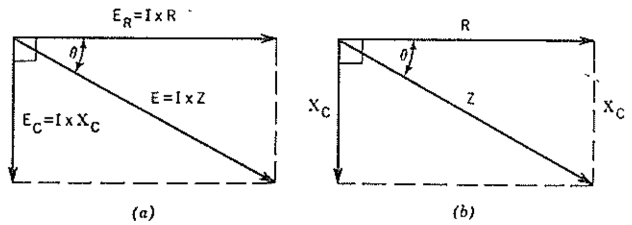


圖 2—254.　E 及 I 間相角 θ 係與 Z 及 R 間相角 θ 相同。

現進一步分析圖 2—253 (b) 之電壓 E，E_R，E_C及相角 θ 間之關係，可得：

$$\frac{E_R}{E}=\cos\theta \qquad (34—2)$$

$$E_R=E\cos\theta \qquad (34—3)$$

同樣： $E_C = E \sin\theta$ (34—4)

參考阻抗三角形，可知：

$$\cos\theta = \frac{R}{Z}$$

及 $$\sin\theta = \frac{X_C}{Z}$$

將此三角涵數值代入公式(34—3)及(34—4)，可得：

$$E_R = E \times \frac{R}{Z} \qquad (34—5)$$

及 $$E_C = E \times \frac{X_C}{Z} \qquad (34—6)$$

在一串連 RC 電路內，若輸入電壓E，阻力 R 及容抗 X_C 為已知數，可分別用公式(34—5)及(34—6)以計出電壓E_R及E_C之值。

例如：設在一RC串連電路內，R=30歐，X_C=40歐，輸入電壓E=100伏，求出下列各值：

1. E及I間相角 θ？
2. 跨過R電壓E_R？
3. 跨過C電壓E_C？

解1：採用公式(34—3)及(34—4)：

1. $$\tan\theta = \frac{X_C}{R} = \frac{40}{30} = 1.33$$

$$\theta = 53.1°$$

2. $$E_R = E\cos\theta$$
$$= 100\cos 53.1°$$
$$= 60伏$$

3. $$E_C = E\sin\theta$$
$$= 100\sin 53.1°$$
$$= 80伏$$

解2：採用公式(34—5)及(34—6)

1. 照前已求出 $\theta = 53.1°$
2. 用直角三角形方法求出Z

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{30^2 + 40^2} = 50歐$$

$$E_R = E \times \frac{R}{Z} = 100 \times \frac{30}{50} = 60伏$$

3. $$E_C = E \times \frac{X_C}{Z} = 100 \times \frac{40}{50} = 80伏$$

核算： $\sqrt{E_R^2 + E_C^2} = \sqrt{60^2 + 80^2} = 100伏 = E$

由核算所得，輸入電壓E=100伏，證明以上之解法係正確無誤。

實驗程序：

測量相角 θ

在圖2—253（a）中，跨過R之電壓E_R係與電流I同相，可依照實驗2—32所用李沙如圖形方法以測量E及E_R間之相角，並可測出E滯後I之相角，根本上此兩相角均相同也。

1. 依照圖2—255所示，將示波器接在待測電路上。調節輸入電壓E至大約20伏。將示波器水平/掃動選擇開關旋至水平輸入。將S閉合。

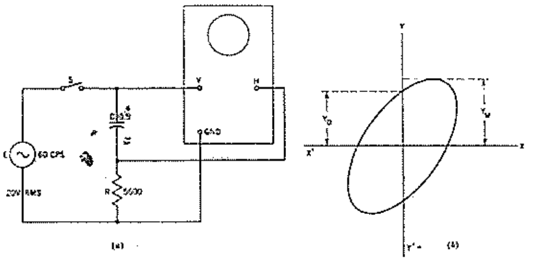


圖2—255. 東南基本實驗板 No. 10–D. 測量E及I間相位。

2. 分別調節示波器垂直及水平增益，使垂直及水平偏移各等於2吋。旋垂直及水平定位器，將圖形集中在X及Y軸之中心，如圖2—255（b）所示。分別測量由X軸起之Y_M及Y_0之最大距離，記錄在附表2—43內，並代入下式求出相角之值：

$$\theta = \text{arc sin}\frac{Y_0}{Y_M} \qquad (34\text{—}7)$$

3. 用真空管伏表測量圖2—255(a)電路內跨過R電壓E_R，計出電流$I = E_R/R$數值；其次測量跨過C電壓E_C，計出容抗$X_C = E_C/I$之值。將X_C及R代入下式計算相角θ：

$$\theta = \text{arc tan}\frac{X_C}{R}$$

由測量及計算所得θ之數值必然互相非常接近，同時可計算及記錄電路之阻抗Z。

4. 將S開路。將電阻R換上12,000歐。依照程序3測量及記錄E及I間新相角。計算及記錄新相角，以作比較；同時計算及記錄電路阻抗Z。

證明公式 $E = \sqrt{E_R^2 + E_C^2}$

5. 將示波器移開。調節E至30伏（用真空管伏表測量之）。測量E_R及E_C，並記錄在附表2—44內。計算$\sqrt{E_R^2 + E_C^2}$值記錄之。

6. 對附表2—44所列每一供給電壓E，依程序5分別作一次。

7. 將電源開路，換上電阻5,600歐電阻，然後依照程序6對附表2—44每項輸入電壓，測量及記錄E_R及E_C。其次計算每項$\sqrt{E_R^2 + E_C^2}$值記錄之。

8. 根據附表2—43及2—44所獲得資料，證明在公式（34—3），(34—4)，(34—5)及（34—6）之關係，將計算結果用表列之。

附　表 2—43

R 歐	C 微法	Y_M 吋	Y_0 吋	$\theta = \text{arc sin}\frac{Y_0}{Y_M}$ 度數	X_C 歐	$\theta = \text{arc tan}\frac{X_C}{R}$ 度數	Z 歐
5,600	0.5						
12,000	0.5						

附 表 2—44

R 歐	C 微法	E 伏	E_R 伏	E_C 伏	$\sqrt{E_R^2 + E_C^2}$ 伏
12,000	0.5	30			
		40			
		50			
5,600	0.5	30			
		40			
		50			

討　　論：

1. 從附表2—43所記錄之測量及計算相角 θ，對結論上有何推斷？
2. 在附表2—43內，對相角之測量，會由何種因素引起錯誤？
3. 從附表2—44所記之E，E_R及E_C之資料，對於結論上有何推斷？
4. 根據串連RC電路所作測量，將附表2—45空檔內之未知數計算之。

附 表 2—45

	R 歐	C 微法	E 伏	F 赫	E_C 伏	E_R 伏	θ 度	X_C 歐	Z 歐
a	1,200	0.10	80	1,000					
b		0.25	100	500	50				
c				100	20	30		10,000	

實驗 2——35　電抗電路之頻率響應

目　　的：

1. 觀察串連RL電路，由電源頻率變化，對阻抗及電流所產生之效應。
2. 觀察串連RC電路，由電源頻率變化，對阻抗及電流所產生之效應。

應用儀器：

1 聲頻信號產生器

1 真空管伏表

1 東南基本實驗板 No. 11

解　　釋：

串連RL電路之阻抗

串連RL之阻抗，係由下式所決定：

$$Z=\sqrt{R^2+X_L^2} \qquad (35\text{—}1)$$

在上式中，若R保持常數，當X_L變化時，Z亦隨之而變。若X_L增加，Z亦增加；反之，Z則減少。又因：

$$X_L=2\pi FL \qquad (35\text{—}2)$$

若將線圈之感量L保持常數，則X_L與輸入電壓頻率F成正比例變化；若將F保持常數，X_L同樣與L成正比例變化。同時Z亦與F成正比例變化。

現設在圖2—256電路內，R＝30歐，當輸入電壓頻率變化時，X_L，Z及I均隨之而變，如附表2—46所示。圖2—257係表示在RL電路內Z及I對F之互變曲綫。

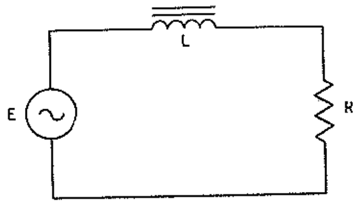


圖2—256. 東南基本實驗板 No. 11-A. 串連RL電路，用以決定變化頻率對阻抗及電流之效應。

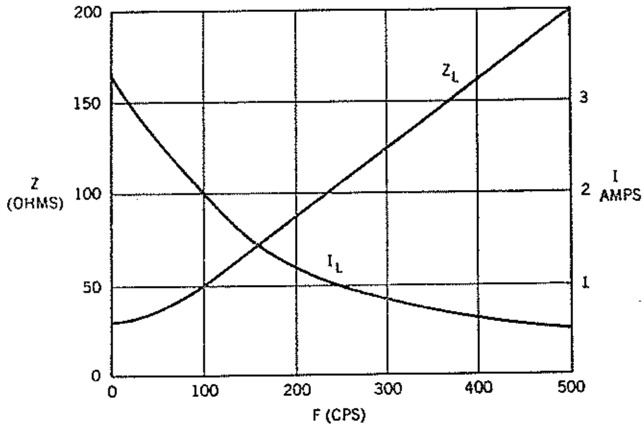


圖2—257. 在串連RL電路內，Z及I對F之互變曲綫。

附　表 2—46

F 赫	X_L 歐	$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ 歐	$I=\frac{E}{Z}$ 安	F 赫	X_L 歐	$Z=\sqrt{R^2+X_L^2}$ 歐	$I=\frac{E}{Z}$ 安
0	0	30	3.33	250	100	104.5	0.956
100	40	50	2.00	300	120	124	0.806
150	60	67.2	1.488	400	160	163	0.614
200	80	85.5	1.17	500	200	202	0.495

串連RC電路之阻抗

串連RC電路之阻抗，係由下式所決定：

$$Z=\sqrt{R^2+X_C{}^2} \qquad (35—3)$$

由於容抗X_C係與輸入電壓頻率F成反比例變化：

$$X_C=\frac{1}{2\pi FC} \qquad (35—4)$$

故在串連RC電路之阻抗亦與F成反比例變化，而電流I則與F成正比例變化。此種關係剛與串連RL電路相反。

實驗程序：

在RL電路内阻抗及電流對頻率互變

1. 在圖2—256電路內，L之感量在直流50毫安上為8亨。R係2,200歐電阻。輸入電源為一聲頻信號產生器。在實驗過程中，信號產生器之輸出電壓E要維持在一固定電平上。

2. 將信號產生器頻率旋在50赫上，將輸出電壓E旋至最大或最大之3/4。用真空管伏表分別測量及記錄E及E_R在附表2—47內，依次計算電流$I=E_R/R$及$Z=E/I$之值，並記錄之。

3. 旋信號產生器頻率至100赫。保持輸出電壓E不變。再次測量E及E_R，計算I及Z記錄在附表2—47內。

4. 依程序3將附表每項頻率作一次。

5. 將附表2—47所得結果，以垂直軸作Z，以水平軸作F，繪出Z對F之互變曲綫，並用Z_L符號表示之。

6. 用同一坐標軸，但以垂直軸作為I，繪出I對F互變曲綫I_L。

附表2—47

F 赫	E 伏	E_R 伏	$I=\frac{E_R}{R}$ 安	$Z=\frac{E}{I}$ 歐
50				
100				
150				
200				
250				
300				
350				
400				
450				
500				

在RC電路内阻抗及電流對頻率互變

7. 將接在圖2—258電路間信號產生器頻率，旋在500赫上，旋輸出E至最大或最大之3/4。用真空管伏表測量E及E_R記錄在附表2—48內。依次計出I及Z值記錄之。

8. 依照程序7，將附表2—48內每項頻率重作一次。輸出電壓E務要始終維持在同一電平上。

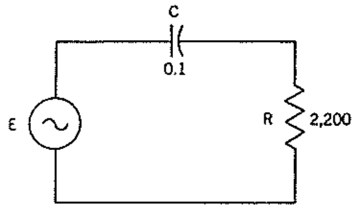


圖2—258. 東南基本動電示教板 No. 11-B。串連RC電路，用以決定變化頻率對阻抗及電流之效應。

9. 將附表 2—48所得結果，分別繪出Z對F，及I對F之互變曲綫，並分別用Z_L及I_L標明之。

附 表 2—48

F 赫	E 伏	E_R 伏	$I=\frac{E_R}{R}$ 安	$Z=\frac{E}{I}$ 歐	F 赫	E 伏	E_R 伏	$I=\frac{E_R}{R}$ 安	$Z=\frac{E}{I}$ 歐
500					250				
450					200				
400					150				
350					100				
300					50				

討　論：

1. 參考 Z_L 對 F 曲綫，試解釋何以 Z_L 隨F而起變化？
2. 在 Z_L 對 F 互變曲綫上，指出某一部份成爲直綫，並說明其綫性作用。
3. 在 I_L 對 F 互變曲綫內，說明 I 何以隨 F 而變。
4. 說明 Z_C 與 F 之互變作用。
5. 比較 Z_C 對 F 及 Z_L 對 F 之互變曲綫；並說明兩者之差異點。
6. 說明 I_C 與 F 互變作用。
7. 比較 I_L 及 I_C 對 F 之互變曲綫，並說明兩者之差異點。

實驗 2——36　串連 R L C 電路之特性

目　的：

1. 用實驗証明串連RLC電路之阻抗係 $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$
2. 決定 RLC 電路之阻抗如何隨頻率而變化。

應用儀器：

1 東南基本實驗板 No. 11。
1 真空管伏表。
1 聲頻信號產生器。

解　釋：

串連 R L C 電路之阻抗

欲了解串連 RLC 電路之交流效應，必須重新將每項另件之作用加以分析之。

因在電阻內之交流電壓及電流均同相(In Phase)，故不論在交流或直流電路內，電阻之作用均相同。在一阻力分壓器 (Resistive Divider) 內，跨過每一電阻電壓降之算術相加之和，係等于輸入電壓值。

當一容電器與電阻串連時，則由容抗及阻力一齊決定交流電之效應。容抗係視乎容電量及電路電流頻率而定。在一純容電量電路內，交流電流係導前電壓 90°，但在串連 RC 電路內，交流電流導前電壓之相角則少于90°。

在一交流電路內，與電阻串連之電感圈，其效應亦要視乎電感量及電流頻率而定。在一純電感電路內，電流係滯後電壓90°。在串連 RL 電路內，電流滯後電壓之相角則少于 90°。

由于在一交流電路內，電感量與容電量之作用剛相反，故在串連 RLC 電路內，X_L，X_C及R之向量圖可用圖 2—259表示之。X_L及X_C之向量和係等于兩者算術相減之差數。差出之合力 (Resultant) 方向則代表較大電抗。現假設在圖 2 — 259 電路內，X_L 係大于 X_C，則 X_L-X_C 及R之向量，可重繪在圖 2 — 260 (a) 內。此向量圖係代表一電感電路，其純電抗等于 X_L及X_C 間之差。亦即表示L及C在串連RLC電路內，已由一電感器代替之，其電抗等于 X_L-X_C。圖 2—260 (b) 係代表一容電量電路，其電抗等于 X_C-X_L。

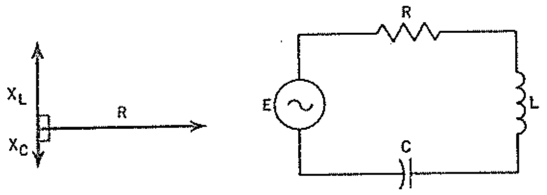


圖 2—259.　在一串連 RLC 電路內，電感量及容電量之效應。

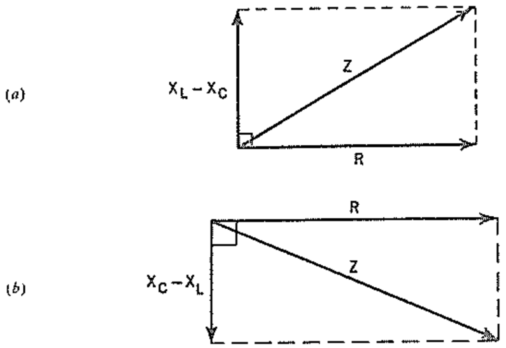


圖 2—260.　串連 RLC 電路之阻抗。

圖2—260 (a) 指出 RLC 電路之阻抗係由下式所求出：

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2} \qquad (36—1)$$

上式中之電抗一項爲平方數，不論 X_L 大于或小于 X_C，所得之答數均爲正，又當 $X_L=X_C$ 時，電抗則爲零。

從公式(36—1)加以推論，可知在任何頻率上，串連RLC電路之阻抗，係永遠小于相同另件數值之串連RL 或RC電路之阻抗，此種事實可用下法以說明之：先接上一串連RL電路，輸入一正弦波交流電壓E，測量電路電流I_1 記錄之；現加上一容電器C與R及L串連，保持輸入電壓E不變，測量電流I_2 必然大于I_1。因Z=E/I，由此可發現串連RLC電路之阻抗比串連 RL 電路較小。若改用串連RC電路，然後加上一串連L，所得結果亦相同。

串連RLC電路之頻率效應

在公式(36-1)中，假設$X_L=X_C$，則Z=R，使電路顯出純阻力作用，電流I只受R所限制，而達到最大值。

感抗及容抗係視乎頻率而決定，當 $X_L=X_C$，並建立一頻率 F_R(即諧振頻率，容在實驗2-37詳述之)。在串連RLC電路內，若輸入正弦波電壓之頻率增加高于F_R，則 X_L增加及X_C

減少，使電路顯出電感量作用，其電抗(X_L-X_C)隨頻率F增加而增，如圖2-260a所示。當頻率F減少低于F_R，X_C增加，X_L則減少，使電路顯出容電量作用，其電抗(X_C—X_L)則隨F減少而增(如圖2-260b)。

在串連RLC電路內，阻抗對頻率互變曲线，如圖2-261所示。此曲线表示最低Z係在F_R上，當頻率低于F_R，Z變成容電性Z_C，當頻率高于F_R，Z變成電感性Z_L。圖中亦繪出電流對頻率互變之曲线I。

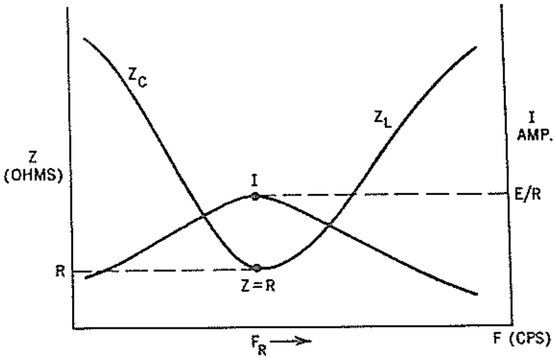


圖2—261，在一串連RLC電路內，Z及I對F互變曲綫。

實驗程序：

1. 將圖2-262電路內之開關SW閉合，用真空管伏表測量輸入交流電壓E(大約18伏峯至峯)及記錄在附表2-47內。

2. 測量跨過R電壓E_R，及跨過L電壓E_L，記錄在附表2-49內。

3. 用R之規定值及E_R之測量值求出I_1，其次計算電路之阻抗$Z=E/I_1$，記錄在附表2-49內。

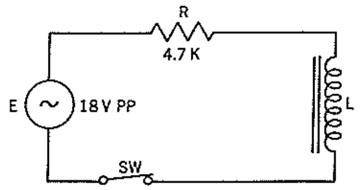


圖 2—262. 東南基本實驗板 No. 11-C. 測量串連 RL 電路之阻抗。

附　表 3—49

輸入電壓E 伏	E_R 伏	E_L 伏	I_1 安	Z 歐

4. 將一個0.5微法容電器C與R及L串連，如圖2-263所示。

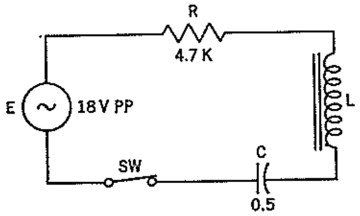


圖 2—263. 東南基本實驗板 No. 11-D. 測量串連RLC電路之阻抗。

5. 測量輸入電壓E(保持原來大約18伏峯至峯電率)，E_R，E_L及E_C，記錄在附表2-50內。

6. 用E_R之測量值及R之規定值計出電流I_2，同樣用I_2計算值求出E_L及E_C記錄在附表2-50內。

7. 用下式計算及記錄串連 RLC 電路(圖2-263)之阻抗。

$$Z=\frac{E}{I_2}$$

8. 用下式計算及記錄阻抗值。

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

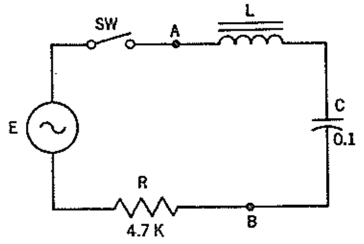


圖 2—264. 東南基本實驗板 No. 11-E. 測驗串連RLC電路內頻率對阻抗之效應。

附　表 2—50

輸入電壓E 伏	E_R 伏	E_L 伏	E_C 伏	I_2 安	X_C 歐	X_L 歐	Z（歐）=	
							E/I_2	$\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$

頻率對阻抗之效應

9. 將圖 2-264 之聲頻信號產生器頻率旋至150赫，輸出電壓E旋至最大之3/4.

10. 分別用真空管伏表跨接在R間及接在A-B點間。將信號產生器之頻率增加或減少，直至A-B點間電壓E_{AB}降至最低；在此點上跨過R電壓E_R達到最大。

11. 將E_{AB}最小時之頻率F_R記錄在附表2-51內，測量及記錄輸入電壓E，電壓E_R,E_L,E_C及E_{AB}。計算及記錄E_L及E_C間之差數，其次計算及記錄$I=E_R/R$，及阻抗$Z=E/I$.

12. 將信號產生器之頻率由F_R減少 20 赫，即F_R-20，旋輸出電壓E，保持與在F_R上之相同電平。依照程序11，測量及計算在頻率F_R-20上之E，E_R，E_L，E_C，E_{AB}，I及Z，並記錄在附表2-51內。

13. 依照程序12，將附表2-51內每項頻率重作一次。當每次變更信號產生之頻率時，務要保持輸出電平不變。

14. 由附表2-51所記錄之資料，繪出：

a. Z對F互變曲綫。　b. I對F互變曲綫。

附　表 2—51

頻率 赫	輸入電壓E 伏	E_R 伏	E_L 伏	E_C 伏	E_{AB} 伏	E_L-E_C 或 E_C-E_L 伏	I 安	Z 歐
F_R-100								
F_R-80								
F_R-60								
F_R-40								
F_R-20								
F_R								
F_R+20								
F_R+40								
F_R+60								
F_R+80								
F_R+100								

15. 對附表 2-51之每一頻率F，利用公式$X_L=E_L/I$，$X_C=E_C/I$，及 $Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$ 求出X_L，X_C及Z之值，將結果記錄在自製附表2-52內，並將附表2-51之Z計算數值抄寫在附表2-52內以作比較。

討　　論：

1. 參考附表2—49及2-50所得資料，說明當串連RL電路(圖2—262)加入一串連容電器C(圖2—263)後，所受到影响為何？
2. a. 參考圖2-263之電路，說明電流I增至最大及阻抗Z減至最小之情況。
   b. 計算最大電流數值。
   c. 求出最小阻抗數值。
3. 將程序7之Z實驗數值，與程序8之計算數值比較之，有何差異？試說明之。
4. 參考附表2-51記錄及Z對F互變曲綫，說明每一頻率變化對Z之影响。
5. 參考附表2-51記錄及I對F互變曲綫，說明每一頻率變化對Z之影响。

實驗2——37　串連諧振電路之特性

目　　的：

1. 熟練運用射頻信號產生器。
2. 研究串連諧振電路之頻率响應特性。
3. 決定在頻率响應上之電路Q效應。
4. 決定電路Q對在半功率點間頻界寬度之效應。

應用儀器：

1. 射頻信號產生器
2. 示波器
1. 東南基本實驗板 No. 12

解　　釋：

由前實驗所研究串連RLC電路特性中，我們可觀察到以下各項事實：

1. 跨過一電抗另件之電壓降，係等于電路電流I與該另件電抗X相乘之積。
2. 容抗 X_C 趨向抵消感抗 X_L 之效應。
3. 一RLC電路阻抗Z係：

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}$$

4. 當$X_L=X_C$時，電路之阻抗最小，電路電流I則最大。

現假定在圖2-265電路內，將信號產生器輸出頻率F及電壓E調節在一指定數值上，並可求出電流$I=E/Z$。而跨過R，L，及C之電壓，亦可分別由相對之IR，IX_L及IX_C求出之。若信號產生器頻率變化，但E保持常數，于是電流I及跨過R，L，及C之電壓亦隨之而變。

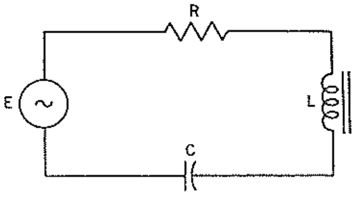


圖2—265. 串連RLC電路。

在諧振頻率 F_R (Resonant Frequency) 上：

$$X_L = X_C \quad (37—1)$$

同時：

$$Z = \sqrt{R^2 + (0)^2} = R \quad (37—2)$$

故在 F_R 上之阻抗最小，而通過電路電流則最大。在諧振頻率 F_R 上，輸入電壓E係跨過 R，可用下式計出電流 I：

$$I = \frac{E}{R} \quad (37—3)$$

因在諧振上之電流I只受到R值所限制，此時電路顯出純阻力作用。當頻率高于F_R，X_L比X_C較大，使電路顯出感抗作用。又當頻率低于 F_R，X_C 大過 X_L，使電路顯出容抗作用。

在諧振上，跨過L電壓E_L及跨過C電壓E_C，均達到最大值而相等。從理論觀點而言，在諧振頻率上，當 R 變成零，電流 I 變成無限大，電壓 E_L 及 E_C 亦成無限大。但實際上，此種情形永不能達到，因爲L本身具有阻力 R_L 存在，相當與 L 串連在電路內。

在一LC電路內若不接上電阻，則在諧振上，線圈本身阻力 R_L 係決定通過電路之電流。因此，線圈之 R_L 及 X_L 係決定電路之性能 Q 值，可由下式求出之：

$$Q = \frac{X_L}{R_L} \quad (37—4)$$

線圈之 Q 亦可以決定在 F_R 上，跨過 L 及 C 電壓之增值。產生在 L 之電壓可由下式求出之：

$$E_L = IX_L = \frac{E}{R} \times X_L \quad (37—5)$$

若電路阻力 R 只有線圈阻力 R_L，則：

$$E_L = E \times \frac{X_L}{R_L} = EQ \quad (37—6)$$

同樣，因爲在諧振上：

$$X_L = X_C$$

$$IX_L = IX_C$$

及

$$E_L = E_C$$

故此

$$E_C = EQ \quad (37—7)$$

由公式 (37—6) 及37—7) 之顯示，在一串連諧振電路內，當 $Q > 1$ 時，E_L 及 E_C 均大于輸入電壓 E。同時 Q 值愈大，電路之電壓放大就愈大；此乃第一種電壓放大之例子。

當我們討論到串連諧振電路之頻率响應時，Q 值亦成爲一重要因素。欲決定頻率响應特性 (Frequency-Response Characteristic)，可分別用諧振頻率，及諧振兩旁頻率之固定振幅信號電壓 E 注入電路內。

測量跨過 L 或 C 之電壓，並繪出 E_L 或 E_C 對 F 之互變曲綫。此種曲綫就係電路頻率响應特性之一種形式。

若將諧振電路電流 I 測量，亦可繪出 I 對 F 互變曲綫，如圖2-266所示，此爲頻率响應特性之第二種形式。

在圖 2—266 之串連諧振電路响應曲綫上，F_R 爲諧振頻率，F_1爲低于F_R之頻率，F_2爲高于 F_R 之頻率。在諧振點 F_R 上之電流I最大，而在 F_1 及 F_2 兩點上之電流，則等于最大

百分 70.7，此兩點稱爲半功率點 (Half-Power Points)。兩者間頻率隔離爲 $F_2—F_1$ ，此頻率隔離，通常稱爲電路之頻界寬度 (Bandwidth簡寫爲bw)，可用下式求出之。

$$bw = F_2 - F_1 \quad (37—8)$$

頻界寬度與 Q 之關係，均可由下式表示之。

$$bw = \frac{F_R}{Q} \quad (37—9)$$

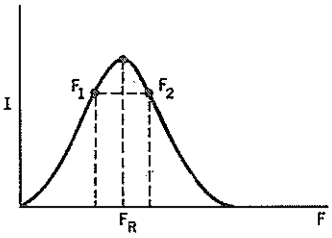


圖 2—266. 串連諧振電路響應曲綫。

所謂串連 RLC 電路之諧振頻率，係指在 $X_L = X_C$ 時之頻率，現分析如下：

$$2\pi F_R L = \frac{1}{2\pi F_R C}$$

故

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (37—10)$$

上式中 F_R 單位爲每秒赫，L 爲亨及 C 爲法。若串連電路內之 L 及 C 爲已知值，並可求出所需諧振頻率。

實驗程序：

運用射頻信號產生器

1. 參考實驗 2—23 之解釋及程序 15 至 19，再次認識射頻信號產生器各控制器之用法。
2. 將信號產生器輸出綫接上一100 歐炭阻，然後接至示波器垂直輸入端。閉合電源開關，旋示波器垂直增益至最大。
3. 扳信號產生器頻段開關 (Range Switch) 至 “B” 。旋度盆至 455 KC 位置。
4. 扳示流器 “H / SWEEP SEL” 至 15-75 KC 位置。旋 “SWEEP VERNIER” 及 “SYNC / PHASE”，使顯出若干個正弦波鎖定在銀幕上。
5. 觀察及繪出射頻波形。
6. 旋信號產生器之度盆，觀察射頻波形及振幅之變化。
7. 將頻段開關扳至 “A” 。旋度盆，觀察射頻之波形及振幅之變化。
8. 將信號產生器輸出旋至最大，校驗其頻率响應，列入附表 2–52。

附 表 2—52

信號產生器頻率，千赫	150	200	250	300	350	400	450	500	600	650	700	750	800
示波器電壓峯至峯													

串連LC電路之諧振頻率

9. 將信號產生器E及示波器 A 接在圖 2—267 電路內。示波器 B 則跨接在信號產生器輸出綫間作爲輸出電平之指示器。
10. 調節示波器之垂直增益至最大。
11. 調節信號產生器輸出至最大。
12. 旋信號產生器頻率至大約300赫。
13. 增減信號產生器頻率直至跨過 L 間電壓 E_L 達到最大。將在此點上之信號產生器電壓 E_{GI} 記錄：
F_{RI}——————。E_L——————。
E_{GI}——————。

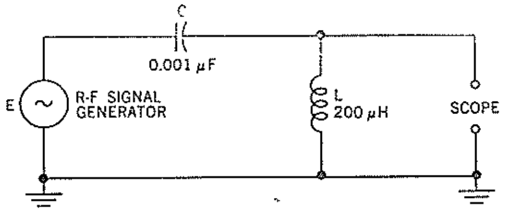


圖 2—267. 東南基本實驗板 No. 12–A. 決定 LC 電路之諧振頻率。

14. 調換 C 及 L 位置，如圖2–268所示。
15. 信號產生器頻率以 F_{RI} 爲中心，向左右微調，直至跨過 C 間電壓 E_C 達到最大，記錄該點諧振頻率 F_{R2} 在附表 2—53 內。
16. 現以信號產生器諧振頻率 F_{R2} 作爲中心，依照附表 2—53 所列每項頻率，向左或向右邊旋至±300 千赫。將每次增加及減少之新頻率及其相對 E_C 值記錄在表內。在測驗過程中，務要調節每次變化頻率之輸出，維持在一固定標準電平 E_{G2} 上，此標準電平可由示波器 B 所顯出。

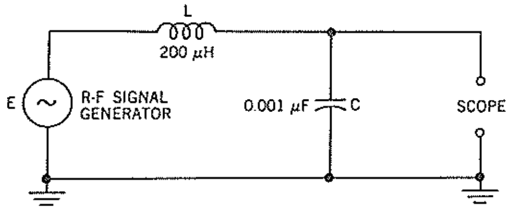


圖 2—268. 東南基本實驗板 No. 12–B. 在串連諧振電路內，調換 LC 位置。

在串連諧振電路之頻率响應上電路Q效應

17. 用 10 歐電阻 R 與 L_C 串連，如圖 2—269 電路所示。
18. 旋信號產生器輸出，對頻率 F_{R2} 輸出，保持在標準電平 E_{G2} 上。將信號產生器頻率變動，直至示波器 A 顯出電路諧振頻率 F_{R3}。記錄 F_{R3} 及 E_C 在附表 2—54內。
19. 依照程序16.完成對諧振頻率 F_{R3} 之各項測驗，記錄在附表 2—54 内。
20. 分次將 R 換上 47 歐及 100 歐電阻，依照程序 17 至 19，完成附表 2—55 及 2—56 内之相對記錄。

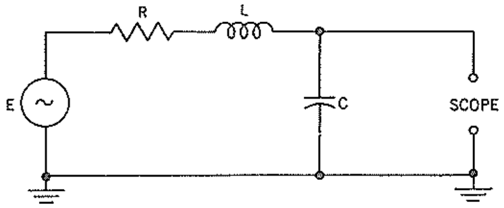


圖 2—269. 東南基本實驗板 No. 12–C. 在頻率响應上 Q 效應。

附　表 2—53

頻率偏移 千　赫	頻　　率 千　赫	E_C 峯至峯伏
$F_{R2}+300$		
$F_{R2}+250$		
$F_{R2}+200$		
$F_{R2}+150$		
$F_{R2}+120$		
$F_{R2}+100$		
$F_{R2}+80$		
$F_{R2}+60$		
$F_{R2}+50$		
$F_{R2}+40$		
$F_{R2}+30$		
$F_{R2}+20$		
$F_{R2}+10$		
諧振 F_{R2}		
$F_{R2}-10$		
$F_{R2}-20$		
$F_{R2}-30$		
$F_{R2}-40$		
$F_{R2}-50$		
$F_{R2}-60$		
$F_{R2}-80$		
$F_{R2}-100$		
$F_{R2}-120$		
$F_{R2}-150$		
$F_{R2}-200$		
$F_{R2}-250$		
$F_{R2}-300$		
標準 E_{G2} 峯至峯壓＝　　伏		

附　表 2—54

頻率偏移 千　赫	頻　　率 千　赫	E_C 峯至峯伏
$F_{R3}+300$		
$F_{R3}+250$		
$F_{R3}+200$		
$F_{R3}+150$		
$F_{R3}+120$		
$F_{R3}+100$		
$F_{R3}+80$		
$F_{R3}+60$		
$F_{R3}+50$		
$F_{R3}+40$		
$F_{R3}+30$		
$F_{R3}+20$		
$F_{R3}+10$		
諧振 F_{R3}		
$F_{R3}-10$		
$F_{R3}-20$		
$F_{R3}-30$		
$F_{R3}-40$		
$F_{R3}-50$		
$F_{R3}-60$		
$F_{R3}-80$		
$F_{R3}-100$		
$F_{R3}-120$		
$F_{R3}-150$		
$F_{R3}-200$		
$F_{R3}-250$		
$F_{R3}-300$		
標準 E_{G2} 峯至峯壓＝　　伏		

附　表 2—55

頻率偏移 千　赫	頻　率 千　赫	E_C 峯至峯伏
$F_{R4}+300$		
$F_{R4}+250$		
$F_{R4}+200$		
$F_{R4}+150$		
$F_{R4}+120$		
$F_{R4}+100$		
$F_{R4}+80$		
$F_{R4}+60$		
$F_{R4}+50$		
$F_{R4}+30$		
$F_{R4}+20$		
$F_{R4}+10$		
諧振 F_{R4}		
$F_{R4}-10$		
$F_{R4}-20$		
$F_{R4}-30$		
$F_{R4}-50$		
$F_{R4}-60$		
$F_{R4}-80$		
$F_{R4}-100$		
$F_{R4}-120$		
$F_{R4}-150$		
$F_{R4}-200$		
$F_{R4}-250$		
$F_{R4}-300$		
標準 E_{G2} 峯至峯壓＝　伏		

附　表 2—56

頻率偏移 千　赫	頻　率 千　赫	E_C 峯至峯伏
$F_{R5}+300$		
$F_{R5}+250$		
$F_{R5}+200$		
$F_{R5}+150$		
$F_{R5}+120$		
$F_{R5}+100$		
$F_{R5}+80$		
$F_{R5}+60$		
$F_{R5}+50$		
$F_{R5}+30$		
$F_{R5}+20$		
$F_{R5}+10$		
諧振 F_{R5}		
$F_{R5}-10$		
$F_{R5}-20$		
$F_{R5}-30$		
$F_{R5}-50$		
$F_{R5}-60$		
$F_{R5}-80$		
$F_{R5}-100$		
$F_{R5}-120$		
$F_{R5}-150$		
$F_{R5}-200$		
$F_{R5}-250$		
$F_{R5}-300$		
標準 E_{G2} 峯至峯＝　伏		

21. 將電路改裝如圖 2—70 所示。

22. 保持信號產生器輸出在標準電平上，變動信號產生器頻率，直至示波器 A 顯出電路發生諧振。將諧振頻率及 E_R 值記錄在附表 2—57 內。

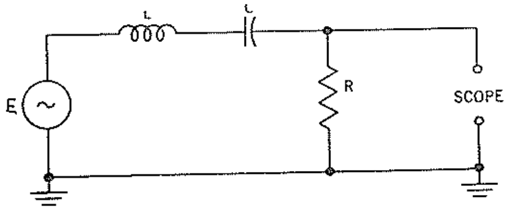


圖 2—270. 東南基本實驗板 No. 12 D. 串連諧振電路之阻抗。

繪出頻率响應曲綫

23. 採用附表 2—52至 2—56 之資料，以水平軸作可變頻率 F，以垂直軸作電壓 E_C，繪出以下頻率响應曲綫：

曲綫 1.——用附表 2—52 之資料，表示信號產生之輸出電壓對頻率之响應。若信號產生器輸出振幅不能固定，會影响曲綫 2 至 5 之結果，故必要每次調節輸出，固定在標準電平 E_{G2} 上。

曲綫 2.——用附表 2—53 之資料，表示串連 L C 電路在諧振範圍內之頻率响應特性。

曲綫 3, 4, 及 5.——用附表 2—54至 2--56 之資料，表示串連電路在諧振範圍內，Q 對頻率响應曲綫特性之效果。

24. 決定及標誌半功率點在曲綫 2，3，4 及 5 上，並決定每一曲綫之頻界寬度及計算每項電路 Q。

25. 參照圖 2—270，測量在諧振上輸入電壓 E_{G2} 及電流 I 間之相位關係，將結果記錄之。

討　　論：

1. 參考附表 2—57，在諧振上，假設 L 之阻力爲零，說明 E_R 及輸入信號產生器電壓 E 間之關係：
2. 在何種情況下，E_L 及 E_C 可能高過輸入信號產生器電壓 E？並說明何者會限制電壓 E_L 或 E_C？
3. 試說明串連諧振電路之 Q 值意義。
4. 如何使 Q 效應，將電路之頻率响應加以尖銳？
5. "半功率點"係表示在某頻率上，其輸出電壓等于諧振頻率輸出電壓百分之 70.7 當 R=10，47，及 100 歐時，分別求出在半功率點上之頻差 $F_2—F_1$。

附　表 2—57

	R 歐		
諧振頻率，千赫	10	47	100
E_{R1}，在諧振上			
E_{G2}			

6. 求出串連LC電路在諧振時之阻抗。
7. 設在圖2—267內，已知C=0.001微法，L=200微亨，繪出總阻抗對頻率互變曲綫。
8. 採用串連電路諧振頻率公式(37—10)，參照本實驗之資料，舉出計算綫圈感應量L之方法。
9. 依照討論8所述方法，採用程序15及16之資料，求出電感量L之值。
10. 解釋R對程序20至22之諧振頻率所產生之效應。
11. 說明在諧振上，輸入電壓及電流間相位關係。
12. 一般超外差式接收機所用之中頻變壓器次級捲，是否係串連諧振電路？試解釋之。

實驗 2——38 並連RL及並連RC電路之阻抗

目的：

1 決定一並連RL電路之阻抗。
1 決定一並連RC電路之阻抗。

應用儀器：

1 東南基本實驗板 No. 13.
1 真空管伏表。

解釋：

並連RL電路之阻抗

在圖2—271電路內，電阻R係與綫圈L並連，跨接在電壓E間。跨過每一分路之電壓E均相同，但總電流 I_T 則分成兩支流，通過R為 $I_R=E/R$，通過L為 $I_L=E/X_L$。

圖2—272表示電路內E，I_R，I_L 及 I_T 間相位關係，及向量圖。由于電路內每一支路之電壓均相同，故可用E作為參考向量。在阻力支路內，電壓係與電流相同，故 I_R 向量表示與E同相。在純感應量支路內，電流係滯後電壓90°，故 I_L 表示滯後E 90°。

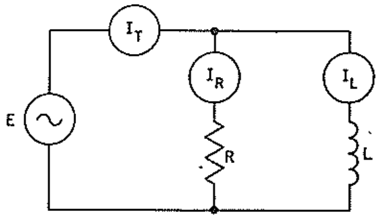


圖2—271. 在並連RL電路內之總電流。

分流 I_R 及 I_L 向量相加可組成總電流 I_T。因 I_L 及 I_R 為直角三角形之兩邊，及 I_T 為其斜邊，故：

$$I_T=\sqrt{I_R^2+I_L^2} \qquad (38-1)$$

圖2—272同時表示總電流 I_T 係滯後輸入電壓E一個 θ 角，並可由下式求出之：

$$\theta=\arc\tan\frac{I_L}{I_R} \qquad (38-2)$$

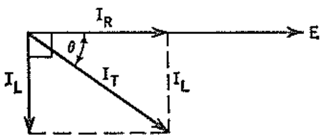


圖2—272. 在並連RL電路內之總電流 I_T 等于 I_R 及 I_L 之向量和。

圖2—272電路之阻抗，可用已知輸入電壓及總電流之測量值代入下式求出之：

$$Z=\frac{E}{I_T} \qquad (38-3)$$

並連RC電路之阻抗

並連RC電路，係由阻力支路R及容電支路C所組成之電流途徑，如圖2—273所示。對此電路之分析與並連RL電路相似：輸入電壓E係兩支路之共同電壓，通過R之支流$I_R=E/R$，通過C之支流$I_C=E/X_C$。總電流I_T, E, I_C及I_R之向量關係如圖2—274所示；E同樣用作參考向量，電流I_R與E同相，I_C導前E 90°，總電流I_T等于I_R及I_C之向量和。由于I_R及I_C為一直角三角形之兩邊，I_T則為其斜邊，故

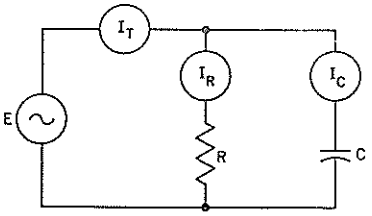


圖 2—273. 在並連RC電路內之總電流。

$$I_T=\sqrt{I_R^2+I_C^2} \qquad (38—4)$$

圖2—274亦表示總電流I_T導前輸入電壓E一個θ角，並可由下式求出之：

$$\theta=\arc\tan\frac{I_C}{I_R} \qquad (38—5)$$

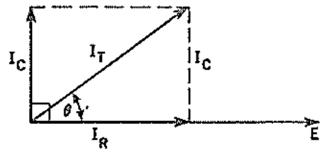


圖2—274. 在並連RC電路內之總電流I_T等于I_R及I_C之向量和。

在圖2—273電路內之阻抗，可用已知輸入電壓值及總電流之測量值代入下式求出之：

$$Z=\frac{E}{I_T} \qquad (38—6)$$

由以上之分析，可知在一並連RC電路內，總電流係導前輸入電壓，但在一並連RL電路內，總電流則滯後輸入電壓。

實驗程序：

一並連RL電路之阻抗

1. 在圖2—275電路內，先將S_1及S_2開路；M係0—25毫安交流表；V係真空管伏表，旋在0—500伏交電壓範圍內；L係一鐵心扼流圈，規定8亨及內阻250歐。

2. 將S_1閉合。調節輸入電壓E，直至跨過R間電壓達到50伏，將測量電流I_R記錄在附表2—58內。

3. 將S_1開路，電流表指數即降為零。現將S2閉合，再次調節E_{AB}保持在50伏上，測量記錄I_L在附表2—58內。

4. 將S_1閉合。現在兩開關同時閉合，使L及R組成並連電路，必須調節E_{AB}維持在50伏上，測量及記錄總電流I_T在附表2—58內。

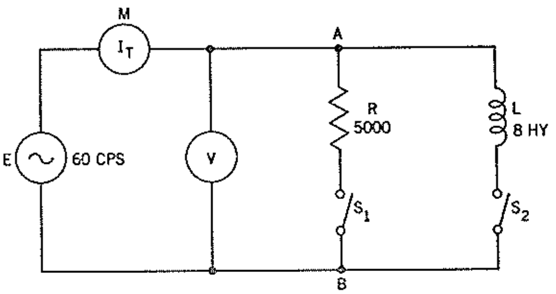


圖 2—275. 東南基本實驗板 No. 13-A 之電路。測量並連RL電路之總電流。

5. 移開電源。將 S_1 及 S_2 開路。將測出 E 及 I_T 值代入公式 $Z = E/I_T$，計出阻抗值記錄之。

6. 用 I_R 及 I_L 之測量值代入下式求出 I_T 值記錄之：

$$I_T = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$$

附 表 2—58

E_{AB} 伏	I_R 安	I_L 安	I_T 安	$Z = \frac{E}{I_T}$ 歐	$\sqrt{I_R^2 + I_L^2}$ 安
50					

一 並 連 R C 電 路 之 阻 抗

7. 將圖 2—275 電路內之 S_1 閉路，只有 R 接在電路內。調節電壓 E_{AB} 在 60 伏上。將 M 所指出電流 I_R 值記錄在附表 2—59 內。

8. 將 S_1 開路，及將 S_2 閉路。現時只有C接在電路內，保持 E_{AB} 在 60 伏上，測量及記錄電流 I_C 之值。

9. 閉合 S_1 。兩開關現時均閉路，使 R 及 C 組成並連電路，保持 E_{AB} 等于 60 伏，測量及記錄 I_T 之值。

10. 移開電源。用 E 及 I_T 測量值代入公式 $Z=E/I_T$，計算及記錄阻抗值。用 I_R 及 I_C 之測量值代入公式 $I_T=\sqrt{I_R^2+I_C^2}$ 計算 I_T 值，並記錄在附表 2—59內。

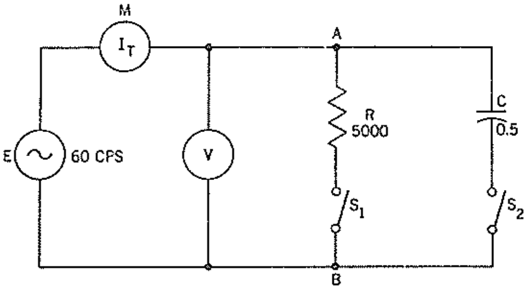


圖 2—275. 東南基本實驗板 No. 13-B 之電路。測量並連 RC 電路之總電流。

附 表 2—59

E_{AB} 伏	I_R 安	I_C 安	I_T 安	$Z = \frac{E}{I_T}$ 歐	$\sqrt{I_R^2 + I_C^2}$ 安
60					

討　　論：

1. 參考附表 2—58內I_T 之測量值是否等于計算值？如有偏差，試說明之。
2. 參考附表 2—59內I_T 之測量值是否等于計算值？如有偏差，試說明之。
3. 在本實驗內，引起錯誤之原因何在？

實驗 2——39　並連 RLC 電路之阻抗

目　　的：

決定一並連 R L C 電路之阻抗。

應用儀器：

1　東南基本實驗板 No. 13
1　真空管伏表。

解　　釋：

一簡單 R L C 電路如圖 2—276 所示。在此並連網絡內，交流電壓 E 係每一支路之共同電壓。通過 R，L，及 C 之相對電流 I_R，I_L及 I_C，可分別用以下各式求出之。

$$I_R = \frac{E}{R} \qquad (39—1)$$

$$I_C = \frac{E}{X_C} \qquad (39—2)$$

$$I_L = \frac{E}{X_L} \qquad (39—3)$$

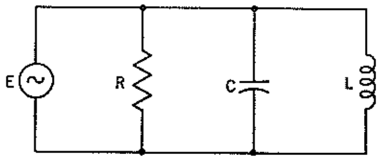


圖 2—276.　並連 R L C 電路。

在以上各式中，E 爲有效電壓單位爲伏，I 單位爲安，R，X_C 及X_L 單位均爲歐。

圖 2—277 係表示輸入電壓 E 與各分流間之相位關係。I_R 係與 E 同相，I_C 導前 E 90° 及 I_L 滯後 E90°。由于 I_C 與 I_L 反相 180°，兩者算術相減以產生電路之電抗電流，如圖 2—278 所示。若 I_L 大過 I_C，電路爲電感性，若 I_C 大過 I_L，電路則成容電性。而綫流 I_{Line} (Line Current) 則由 I_R 及 $I_C—I_L$ 之向量和求出之。

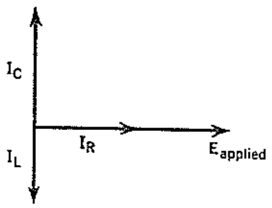


圖 2—277.　在並連 R L C 電路內。輸入電壓 E 與每一分流間之相位關係。

將 I_R，I_C，及 I_L 數值代入下式，亦可計出綫流 I_{Line} 之值：

$$I_{Line} = \sqrt{I_R^2 + (I_L—I_C)^2} \qquad (39—4)$$

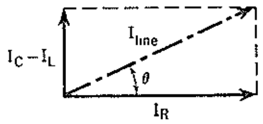


圖 2—278.　在顯出容電性 R L C 電路內之電流。

上式要永遠保持在圖2—276電路內不能有阻力與 L 或與 C 串連。

綫流 I_{Line} 係阻力性及電抗性電流瞬時值之和，及與兩者不相同者，但與作爲參考向量之阻力性 I_R 則相差一個 θ 角，此相角可由下式計算之：

$$\tan\ \theta = \frac{I_C—I_L}{I_R}$$

$$\theta = \text{arc tan}\frac{I_C - I_L}{I_R} \qquad (39-5)$$

線流 I_{Line} 求出後，現在可用下式計出圖 2—276 電路之阻抗 Z 值：

$$Z\,(\text{歐}) = \frac{E\,(\text{伏})}{I_{Line}\,(\text{安})} \qquad (39-6)$$

因 I_L 及 I_C 係各自視乎 X_L 及 X_C 而定，故電路之 Z 亦隨輸入電壓 E 之頻率而變。

在直流並連電路內，支路愈多，總線流亦愈大，但在交流並連電路內，支路雖增加，而線流未必隨之而增。例如在圖 2—276 電路內，若最初只有一阻力分路與容電分路並連，但再增加第三電感分路後，線流反而比前減少（參考公式 39—4）。由此可知，並連交流電路之總阻抗並非一定比最小支路阻抗較少，但有時會大于任一支路阻抗。

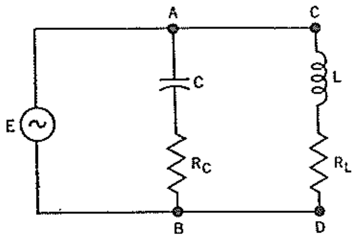


圖 2—279. 在並連 RLC 網絡內，具有兩串連支路。

圖 2—279 表示一較爲複雜電路。交流電壓 E 係輸至兩並連分路 A B 及 C D 間。每一分路則由一串連網絡組成。在容電支路 AB 內，R_C 與 C 串連。在電感支路 C D 內，R_L 與 L 串連。每一支路之阻抗，可分別依照以前串連 RC 及 RL 各實驗中所描述方法以求出之。故 AB 支路阻抗爲：

$$Z_{AB} = \sqrt{R_C^2 + X_C^2} \qquad (39-7)$$

在此支路內之電流 I_{AB} 可用下式計出之：

$$I_{AB} = \frac{E}{Z_{AB}} \qquad (39-8)$$

電流 I_{AB} 係導前輸入電壓 E 一個 θ_1 角，此相角可由下式求出之：

$$\theta_1 = \text{arc tan}\frac{X_C}{R_C}$$

或：　　　　　　　　　　　　　　　　(39—9)

$$\theta_1 = \text{arc tan}\frac{E_C}{E_{RC}}$$

支路 CD 之阻抗爲：

$$Z_{CD} = \sqrt{R^2 + X_L^2} \qquad (39-10)$$

在此支路內之電流 I_{CD} 爲：

$$I_{CD} = \frac{E}{Z_{CD}} \qquad (39-11)$$

電流 I_{CD} 係滯後輸入電壓 E 一個 θ_2 角，故此：

$$\theta_2 = \text{arc tan}\frac{X_L}{R_L} \qquad (39-12)$$

或：

$$\theta_2 = \text{arc tan}\frac{E_L}{E_{RL}}$$

每一支路電流值求出後，可依照圖 2—280 所示，將 I_{AB} 及 I_{CD} 向量相加，並可決定線流 I_{Line} 之值。

現假設在 2—279電路內，Z_{CD} 少于 Z_{AB}，支路 C D 之電感電流 I_L 大于支路 A B 容電電流 I_C，使電路顯出電感性。故在圖 2—280 之綫流滯後輸入電壓 E 一個角度 θ_3。

基于以上所述，現將計算並連 R L C 電路阻抗之方法摘要如下：

1. 計算並連電路每一支路之阻抗。
2. 求出每一支路之電流及每一電流之相角 θ。
3. 將全部支流向量相加，其合力就係綫流，由此可求出其振幅及相角。
4. 用公式 $Z=E/I_{Line}$ 求出並連電路之阻抗。

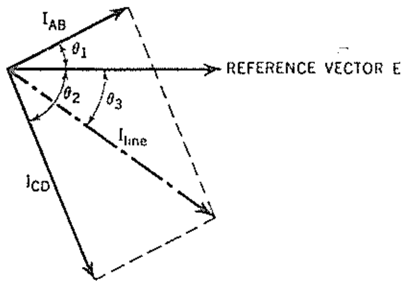


圖 2—280. 求出並連 R L C 電路之綫流。

實驗程序：

1. 在圖 2—281 電路內，M 為 0—25 毫安交流表，V 係真空管伏表，L 係在 50 毫安直流上 8 亨之鐵心扼流圈。旋 E 在 O 伏上。
2. 將 S_1 閉路，S_2 及 S_3 開路。調節輸入電壓 E，直至 E_{AB} =60 伏。測量電流 I_R 並記錄在附表 2- 60 內。
3. 將 S_1 及 S_3 開路，S_2 閉路。保持 E_{AB}=60 伏。測量及記錄 I_L。
4. 將 S_1 及 S_2 開路，S_3 閉路，保持 E_{AB}=60 伏。測量及記錄 I_C。

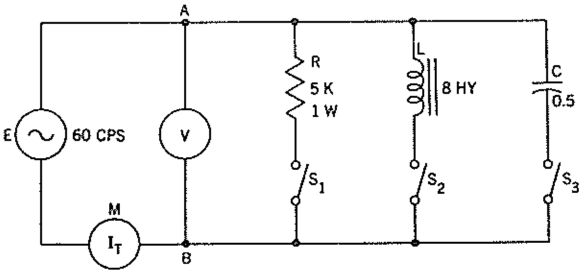


圖 2—281. 東南基本實驗板 No. 13—C. 測量並連 R L C 電路之阻抗。

5. 將 S_1 及 S_2 閉路，S_3 開路。保持 E_{AB}=60 伏。測量及記錄 I_{RL}。
6. 將 S_2 開路，S_1 及 S_3 閉路。保持 E_{AB}=60 伏。測錄及記錄 I_{RC}。
7. 將 S_1 開路，S_2 及 S_3 閉路。保持 E_{AB}=60 伏。測錄及記錄 I_{LC}。
8. 現將 S_1，及 S_2 及 S_3 全部開關閉合，測量及記錄並連 R L C 電路之綫流 I_{Line}。
9. 移開電源，將 I_R，I_L 及 I_C 代入下式計算綫流值並記錄之：

$$I_{Line}=\sqrt{I_R^2+(I_L-I_C)^2}$$

10. 用下式求出 Z 值：

$$Z=\frac{E_{AB}}{I_{RLC}}$$

11. 將 I_C, I_L 及 I_R 之測量值代入下式，計算 I_{Line} 與 E_{AB} 間之相角 θ，並記錄之：

$$\theta=\arctan\frac{(I_C-I_L)}{I_R}$$

附　表 2—60

E_{AB} 伏	I_R 安	I_L 安	I_C 安	I_{RL} 安	I_{RC} 安	I_{LC} 安	I_{RLC} 安	I_{Line}（安）= $\sqrt{I_R^2+(I_L-I_C)^2}$	Z 歐	θ 度
60										

討　　論：

1. 在附表 2—60 內，將 I_{RLC} 之測量值與公式求出之值比較之。兩者是否相等？試說明之。
2. 電流 I_{RC} 及 I_{RLC} 何者較大？何故？
3. 並連 R L C 電路之阻抗是否高于或低于並連 R C 電路阻抗？何故？
4. 在圖 2—281 電路內之綫流，是容電性抑或是電感性？

實驗 2—40　並連諧振電路之特性

目　　的：

1. 決定並連 R L C 電路之諧振頻率。
2. 研究並連諧振振電路之特性。

應用儀器：

1　東南基本實驗板 No. 13
1　聲頻信號產生器。
1　示波器。
1　真空管伏表。

解　　釋：

高 Q 電路之諧振頻率

圖 2—282（a）為一並連諧振電路，在發射機上稱為貯能電路（Tank Circuit），容電器 C 與綫圈 L 並連跨接在輸入電源 E 間。圖 2—282（b）為一等效電路，R_L 係代表綫圈本身之阻力與 L 串連。現設電路內之 R_L 甚少于 X_L，及容電器與接綫之阻力忽畧不計，則電路成為一高 Q 電路。

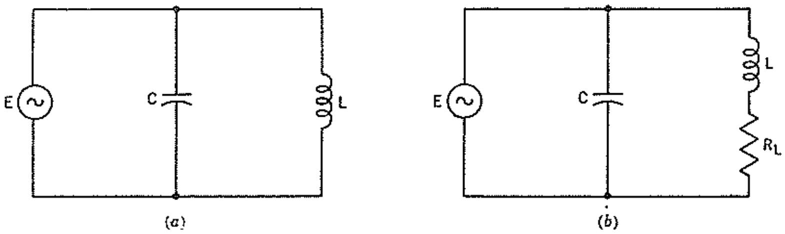


圖 2—282.　並連諧振電路。

在一高 Q 電路內

，當 $X_L = X_C$ 時，就產生並連諧振。計算並連諧振頻率 F_R ，亦與串連諧振相同，可用下式求出之：

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \qquad (40-1)$$

在圖 2—282 （b）電路內，若電感量 L 之阻力甚小，在諧時，容電支路之阻抗實際等于電感支路之阻抗，即

$$X_C = \sqrt{X_L^2 + R_L^2}$$

$$X_C = X_L$$

同時通過每一支路之電流均相等，但反相 180,°；故等于兩者向量和之綫流 I_{Line} 甚爲微小，使並連諧振電路之阻抗 $Z = E/I_{Line}$ 達到極高 ，以反抗綫流。但在並連諧振電路（LC）內之循環電流，在諧振時則甚大。

圖 2—283 表示在並連諧振電路內電流對頻率互變曲綫：設在諧振頻率 F_R 上，$X_L = X_C$，$I_L = I_C$。由公式（39—4）可知綫流最低（等于通過綫圈本身阻力輕微電流 I_R），而且 I_L 及 I_C 均大于綫流。當輸入電壓頻率 F_A 高過 F_R 時，容電器 C 支路之容抗低于綫圈 L 支路之感抗，于是電容電流 I_C 大于電感電流 I_L，使電路顯出容抗作用。同樣當頻率 F_B 低于 F_R.時，使電路顯出感抗作用。

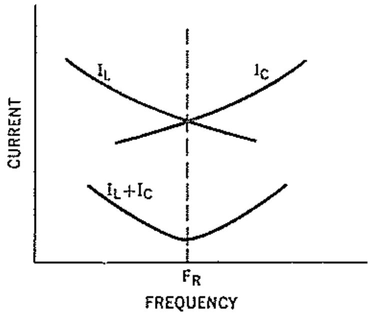


圖 2—283. 在並連諧振電路內，電流對頻率互變曲綫。

圖 2—284 表示在並連諧振電路內 ，阻抗對頻率互變曲綫；此曲綫與串連諧振電路之頻率响應特性類似 。在諧振上電路阻抗最大 ，但在諧振之兩傍則降落。

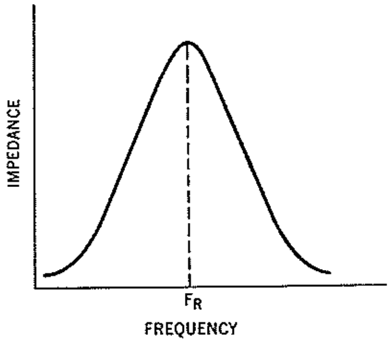


圖2—284. 在並連諧振電路內，阻抗對頻率互變曲綫。

圖 2—285 之電路，係用以測量並連 L C 電路之諧振頻率。電阻 R 與 L C 電路串連，先測量跨過 R 電壓 E_R ，代入下式求出綫流值：

$$I_R = \frac{E_R}{R} = I_{Line} \qquad (40-2)$$

當調節信號產生器輸入信號頻率，使綫流跌至最低點，此即表示並連諧振 L C 電路已諧振在頻率 F_R 上。現保持信號產生器輸入電壓在一標準值上，將頻率度盆在 F_R 兩邊變動。每次測量 E_R 計出 I_{Line} 並可繪出綫

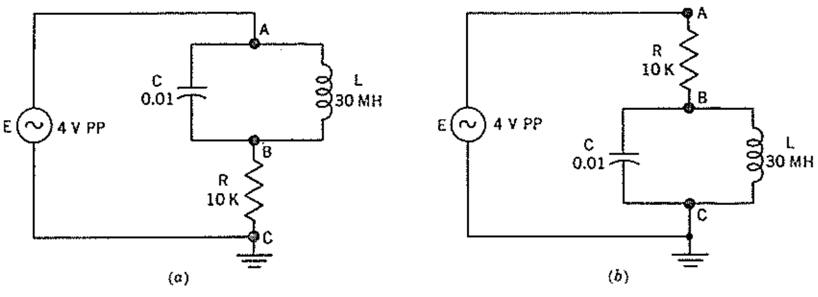


圖 2—285. 東南基本實驗板 No. 13—D. 測量並連諧振電路。

流對頻率互變曲綫，如圖2—283所示。同樣可將在諧振上及在諧振兩邊頻率上，跨過貯能電路之信號電壓 E_T 加以測量。並可由下式計算ＬＣ電路之阻抗，及繪出 Z 對頻率互變曲線，如圖2—284所示：

$$Z = \frac{E_T}{I_{Line}} \qquad (40-3)$$

從以上所述，可知在諧振上，跨過貯能電路之信號電壓最大，而向諧振頻率每邊降落，同時信號振幅係與電路之Q成正比例。若用一電阻與電路並連，立即引起加載作用，跨過電路之信號電壓隨之減少。並連電阻之阻力愈小，加載作用愈大，而 E_T 則愈低。

實驗程序：

並連ＬＣ電路之諧振頻率

1. 參照圖2—285所示，接上聲頻信號產生器，調節輸出至4伏峯至峯，用示波器或用真空管伏表測量之。

2. 將示波器跨接在10,000歐電阻B—C間。旋信號產生器頻率至10,000赫觀察在示波器銀幕上之响應。

3. 將信號產生器頻率增加或減少，直至跨過R之信號電壓 E_R 降至最低。此時表示電路已諧振在 F_R 上。記錄 F_R 及 E_R 在附表2—61内。

附表2—61 並連諧振電路之响應特性

頻率偏移 赫	頻率 赫	E_R	E_T	I_{Line} (計算) $= \frac{E_R\ (rms)}{R}$	Z (計算) $= \frac{E_T\ (rms)}{I_{Line}}$
F_R + 6,000					
F_R + 5,000					
F_R + 4,000					
F_R + 3,000					
F_R + 2,000					
E_R + 1,000					
F_R + 500					
F_R					
F_R — 500					
F_R — 1,000					
F_R — 2,000					
F_R — 3,000					
F_R — 4,000					
F_R — 5,000					
F_R — 6,000					

並連諧振電路之綫流及阻抗

4. 調節信號產生器輸出在標準電平4伏峯至峯上。

5. 測量在諧振上跨過 R 電壓 E_R 記錄在附表 2—61 內。

6. 依附表 2—61 所列每項頻率次序，將信號產生器頻率由 F_R 起，分別增至 6,000赫，及減至 6,000 赫。每次保持輸出電平在4伏峯至峯上。記錄每次頻率測量之相對E_R值。

7. 現改用圖 2—285 (b) 電路。將示波器移接在貯能電路 B—C 間。依照程序 4，5 及 6 重作一次，測量及記錄每項頻率之相對 E_T 值。

8. 將 E_R 之峯至峯值，變爲有效值 (rms) ，計算綫流值記錄在附表 5—61內。

9. 將每項頻率及綫流之相對值，繪出並連諧振電路之綫流對頻率互變曲綫。

10. 將 E_T 峯至峯值變爲有效值，及計出之綫流值代入公式 (40—3) ，計算並連諧振電路每一頻率之阻抗值，記錄在附表 2—61 內。

11. 繪出 Z 對頻率互變曲綫。

高于及低于諧振頻率之電抗

12. 現將信號產生器移接在圖 2—286 電路內，保持輸出在標準 4 伏峯至峯電平上。在此電路內，其諧振頻率與圖 2—283 相同。

13. 測量在諧振上跨過 R_L 電壓E_{RL}及跨過R_C電壓 E_{RC}，記錄在附表 2—62 內。

14. 測量及記錄每項頻率之相對 E_{RL} 及E_{RC}。

15. 用公式 $I_L = E_{RL}(rms) / R_L$ 計算在每一頻率上之電感支路電流，及記錄在附表 2—62內。

16. 用公式 $I_C = E_{RC}(rms) / R_C$ 計算在每一頻率上之容電支路電流，及記錄在附表 2—62內。

17. 用附表 2—62 之計出數值，繪製 I_L 及 I_C 對頻率之互變曲綫。

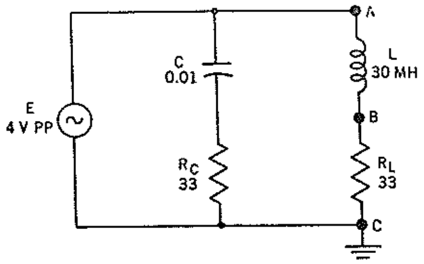


圖 2—286. 東南基本實驗板 No. 13-E. 測量並連諧振電路之容電及電感支路電流。

附 表 2—62 並連諧振電路之電抗

頻率偏移 赫	頻率 赫	E_{R_L}	E_{R_C}	在 L 電流 毫安	在 C 電流 毫安
F_R + 6,000					
F_R + 5,000					
F_R + 4,000					
F_R + 3,000					
F_R + 2,000					
F_R + 1,000					
F_R + 500					
F_R					
F_R — 500					
F_R — 1,000					
F_R — 2,000					
F_R — 3,000					
F_R — 4,000					
F_R — 5,000					
F_R — 6,000					

討　　論：

1. 何者可以決定並連諧振電路之Q值？
2. 一高Q並連RLC電路之意義何在？
3. 一高Q並連RLC電路在諧振上之計算公式爲何？
4. 在一並連RLC電路內，綫流如何隨頻率起變化？
5. 在一並連RLC電路內，阻抗如何隨頻率起變化？
6. 說明並連RLC電路，在下列每項情況下之阻抗特性(即係容抗，感抗或阻力)：
   (a) 在諧振頻率上；
   (b) 在高過諧振頻率上；
   (c) 在低過諧振頻率上。

實驗 2——41　變　壓　器　特　性

目　的　：

1. 決定一已知變壓器之轉數比(Turns Ratio)。
2. 觀察由次級捲增加電流(加載電流)對初級捲電流(電源電流)所引起效應。
3. 實習如何將一變壓器作阻力測量。

應用儀器：

1 東南基本實驗板 No. 14.
1 真空管伏表。
1 萬用電表。

解　　釋：

變壓器係將電源之交流電功率耦合至一加載上之工具。電功率之電源接至初級捲(Primary Winding)，加載則接至次級捲(Secondary Winding)。變壓器在電子工程上之用途極廣，例如：電功率變壓器或稱電源變壓器(Power Transformers)，燈絲變壓器(Filament Transformers)，聲頻變壓器(Audio Transformers)，射頻變壓器(Radio-Frequency Transformers)，及中頻變壓器(Intermediate Frequency Transformers)等。

一種通用式變壓器係具有兩個或多個綫捲，共同繞製在一綫圈芯上(Core)而成電感耦合如圖 2—287 所示。當一交流電壓輸至初級捲，即有電流通過及建立一膨脹及退縮磁場，與初級捲綫圈相割，因而產生一電感交流電壓。在次級捲內，若用一加載(Load)跨接在次級間，即有電流通過加載：

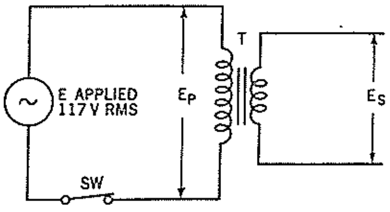


圖 2—287.
未接加載之降壓式變壓器。

變壓器之初級及次級可繞製在一鐵心上，如聲頻及

電源變壓器所用者；亦可繞製在空芯或鐵粉芯上，即如一般射頻及中頻變壓器所用者。

在鐵芯式變壓器內，當一交流電流通過初級捲時，鐵芯即被磁化，其磁場方向係隨交流電流正負半週方向而變。

在鐵芯內之變動磁場，即與次級捲之綫圈相割而電感所需電壓。

在一理想鐵芯式變壓器內，係沒有功率損失的，亦即表示百分之百初級電源功率全部輸送至加載。此種功率關係可用下式計算之：

$$E_P \times I_P = E_S \times I_S \qquad (41-1)$$

在上式中，E_P 及 I_P 係分別為初級電壓及電流，E_S 及 I_S 則分別為次級之電壓及電流。在一只無損失(Lossless)變壓器內，初級電壓及次級電感電壓間之比數，係等于初級之轉數 N_P 及次級轉數 N_S 之比數（a）。

$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{N_P}{N_S} = a \qquad (41-2)$$

若a=1，則初級及次級之轉數相等，初級與次級之電壓亦相等。此式1：1 變壓器稱為隔離變壓器（Isolation Transformer）。

若a大于1，則次級電感電壓低于初級輸入電壓，稱為降壓變壓器（Voltage Stepdown Transformer）。

若a小于1，則次級電感電壓高于初級輸入電壓，稱為昇壓變壓器(Voltage Stepup Transformer)。

用以計算理想變壓器之公式（41—1）亦可寫作：

$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{I_S}{I_P} \qquad (41-3)$$

由公式（41—2）及（41—3）可得：

$$\frac{E_P}{E_S} = \frac{I_S}{I_P} = a \qquad (41-4)$$

上式表示在一變壓器綫捲內之電流及電壓係成反比例變化。故此昇壓變壓器亦係降流變壓器（Current Stepdown Transformer），同樣降壓變壓器亦稱為昇流變壓器(Current Stepup Transformer)。

變壓器之功率損失

由于變壓器會產生功率損失，不可能將電源百分之百電功率輸送至加載上，故理想變壓器實難以製成。此種損失，第一種稱為變熱損失（Heating Loss），又稱為銅綫損失（Copper Loss），或稱為 I^2R 損失。原來一般變壓器之初級及次級捲均具有阻力，可將一部份功率變熱而消耗之。當次級捲未接上加載時，無電流通過，故無功率損失，但初級已接上電源，于是產生些少 I^2R 損失。

第二種損失係產生在變壓器鐵芯內，稱為渦流損失，(Eddy Current Loss)。由于變化磁場之相割，即感應一循環渦流在鐵芯內，使鐵芯變熱。故此種渦流損失之作用與 I^2R 損失相似。

第三種損失亦產生在變壓器鐵芯內，稱為磁滯損失（Hysteresis Loss）。所謂磁滯效

應，係由于磁力綫變化滯後本身之磁化力所形成。當一磁化力由一鐵芯磁路移出，尚有一部份力綫停留在鐵芯內，此種殘磁必要輸入一反向磁化力于鐵芯，並可消除之。故在綫圈內之交流電流方向變化時，鐵芯內之磁向隨之而變，每次變向必須消耗一部份能量担任去磁工作，而招致磁滯損失。

第四種損失稱爲磁漏損失 (Magnetic Leakage Loss)。在變壓器內，並非全部磁力綫與次級捲之綫圈連結，于是在磁路內損失一部份磁力綫，而成磁漏作用。

至于通用式電源變壓器之設計，可參考本書 28 頁之圖表。

初 級 電 流 與 加 載 電 流

在圖 2—288 電路內之變壓器初級電流，係視乎次級之加載電流而定，如下式所示：

$$\frac{I_S}{I_P} = a$$

或：

$$I_P = \frac{I_S}{a} \qquad (41—5)$$

故當加載阻 R_2 減少時，加載電流 I_S 增加，初級電流 I_P 隨之而增。此亦即表示由于加載電流增加，使加載阻抗變化，同時顯出一反射阻抗跨接在初級捲間，引致初級電流增加。又因功率只能消耗在阻力上，故反射阻抗必然係阻力 R_1。

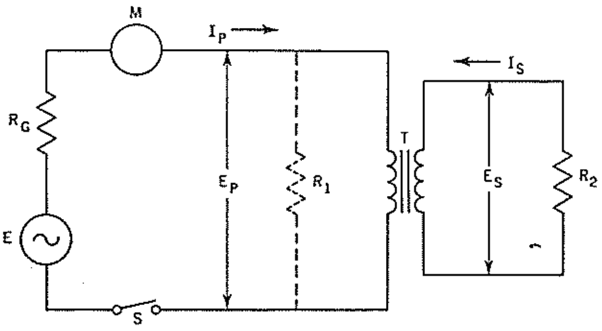


圖 2—288. 東南基本實驗板 No. 14—A.
因受由變壓器次級至初級之反射阻抗 R_1 所影响，當次級電流 I_S 增加時，初級電流 I_P 隨之而增。

變壓器綫捲阻力測驗

一般變壓器在設計上初次級之轉數及阻力數值有所規定，可用歐表測驗，並可尋出故障來源。例如測出某一綫捲之阻力等于無限大，表示開路或接點不良；若阻力過小，表示局部短路。又除自耦式變壓器外，在每一綫捲間均用絶緣物相隔，其阻力應爲無限大，若測出有阻力存在表示綫捲間短路。

實 用 程 序：

變 壓 器 轉 數 比 率 a：

1. 將圖 2—288 電路電源開關 S_1 開路，將加載阻 R_2 開路。

2. 將 S_1 閉路，測量初級輸入電壓 E_P 及次級電感電壓 E_S，並記錄在附表 2—63內。將 S_1 開路。

3. 計算及記錄轉數比 a.

加載對初級電流之效應

附 表 2—63

E_P	E_S	$a=\frac{E_P}{E_S}$

4. 在圖 2—288 電路內，M 爲電流毫安表，用以測量初級電流，最初旋在最高範圍上，然後調節至最適合範圍。R_G 代表發電機之內阻。E 爲 200 伏 50 赫交流電源。R_2 爲可變電阻，供作加載阻之用。

5. 將 S_1 閉路，測量及記錄每一加載阻 R_2 之 I_P, E_P 及 E_S 在附表 2—64 內。

6. 計算及記錄次級電流（$I_S=E_S/R_2$）。將 I_S 值代入公式 $I_{P1}=I_S/a$ 求出 I_{P1} 之值記錄之。（計算值 I_{P1} 係一理想變壓器之初級電流）。

7. 將 I_P 減去 I_{P1} 記錄在附表 2—64"$\triangle I$"項內。

8. 計算及記錄加載阻 R_2 之每一阻值之功率消耗。

附 表 2—64

R_2 歐	I_P 安	E_P 伏	E_S 伏	a	$I_S=\frac{E_S}{R_2}$ 安	$I_{P1}=I_S/a$ 安	$\triangle I=I_P-I_{P1}$ 安	W 瓦
200								
100								
50								
35								
28								
25								
20								

阻 力 測 量

9. 將電源移開，將 S_1 及 R_2 開路。

10. 用歐表測量初級及次級阻力記錄在附表 2—65 內。

11. 測量初級及次級間阻力。

12. 測量初級至鐵芯間阻力。

13. 測量次級至鐵芯間阻力。

14. 將次級局部短路，測量其阻力。

附 表 2—65

阻力，歐					
初級	次級	初級至次級間	初級至鐵芯間	次級至鐵芯間	次級局部短路

討　　論：

1. 在設計一變壓器時，用電壓比數抑或用電流比數計算其轉數？
2. 在本實驗中所用之變壓器，其規定 E_P，E_S 及 I_S 為何？
3. 說明何以初級電流會受次級電流所影響？
4. △I 是代表什麼？
5. 在本實驗中所用之變壓器有何種損失？
6. 供給變壓器損失之功率何來？
7. 說明一綫捲與轉數間之關係？
8. 說明一綫捲與電流間之關係？

實驗 2——42　R C 時 間 常 數

目　　的：

1. 用實驗決定一容電器經一電阻充電所需時間。
2. 用實驗決定一容電器經一電阻放電所需時間。

應用儀器：

1 東南基本實驗板 No. 14.
1 真空管伏表。
1 平方波信號產生器。
1 電子示波器。

解　　釋：

容電器之放電及充電

在電子工程電路內，容電器之用途甚廣；可供貯能之用，可容許交流電通過，及阻塞直流電流動；又可供作濾波器之另件，及諧振電路之調諧器；亦可用在定時電路內。

上述各種功用，均由容電器之充電及放電作用所完成。

容電器在進行貯蓄及保持電子之電荷過程中，稱為充電作用 (Charging)。充電必須輸入一電壓 E 于容電器兩片間，如圖 2—289 (a) 所示。當開關 S 閉合，充電電路立即完成(圖 2—287-b)，電子離開電池負極進入容電器 C 之下片；同時電子亦離開 C 之上片回至電池正極。此種程序繼續進行，直至容電器充滿為止，此時跨過容

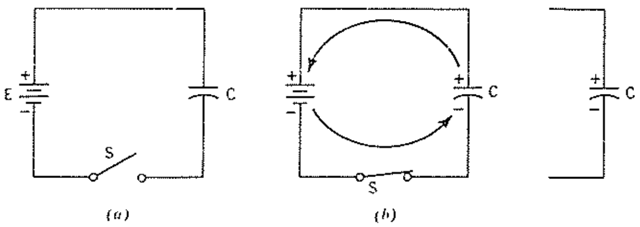


圖 2—289　容電器充電

電器間之電壓，則等于輸入電壓E。容電器在充電時，下片所過剩電子數量，則與上片所跑出之電子數量相等。由于兩片間電子數量不平衡，結果使容電器產生電壓，其極向係上片爲正及下片爲負，如圖 2—289 (b) 所示。容電器充電後，若將電源移開，在未接上放電電路前依然保持電荷，如圖 2—289 (c) 所示。

現將一電阻R跨接于已充電之容電器間，如圖 2—290 (a) 所示。電子即離開C之負片，通過 R 而進入 C 之正片而成放電(Discharge)，直至兩片電子數量恢復平衡爲止，如圖 2—290 (b) 所示，此時跨過容電器之電壓等于零。在 C 充電及放電時間内，兩片之電子 (電荷) 連續移動，遂成電子流。容電器之電荷 Q，容電量 C 及輸入電壓 E，三者間之關係，可用下式表示之。

$$Q = C \times E \qquad (42-1)$$

在上式中 Q 之單位爲庫倫(Coulombs)，C 爲法(Farads)，及 E 爲伏。在一已知輸入電壓 E 上，容量 C 愈大，則充滿時所貯電荷亦愈大。

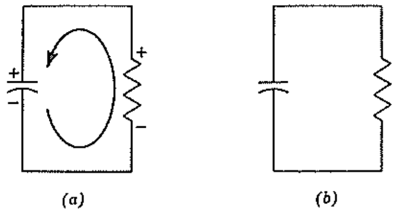


圖 2—290. 容電器放電。

容電器充電所需時間

在圖 2—291 電路内，電阻 R 與容電器 C 串連跨接于直流電源 E 間。S_1 爲電源開關，另一開關 S_2 則跨接于 RC 間。當 S_1 及 S_2 開路時，電路不起作用。

現假設容電器 C 無電荷存在，先將 S_1 閉路，S_2 依然開路，如圖 2—292 (a) 所示；此時容電器開始充電，跨過 C 間電壓 e_C 即由零逐漸增加 (可用真空管伏表測量之)。由此可知容電器充電並非即時完成，而必須經過相當時間始充得最高電壓。

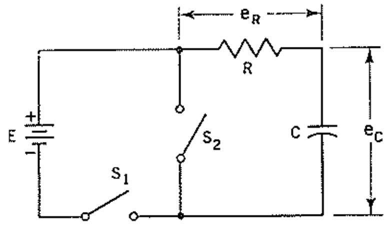


圖2—291. 容電器充電之RC電路

容電器充電之過程，可用圖 2—292(b) 之曲綫說明之：當 S_1 開路，輸入電壓 E = o，充電電流 $i_C = 0$，跨過 R 電壓 $e_R = 0$，跨過 C 電壓 $e_C = 0$。在 S_1 閉路一瞬間，C 開始充電，i_C 最大，$e_R = E$，$e_C = 0$，此時 C 之作用似乎短路。之後，S_1 依次閉路，充電電流在C建立電壓 e_C，其極向如圖 2—292 (a) 所示，此係一反壓，以反抗輸入電壓，並減少充電電流。

在充電後任何時間内，有一活動電壓 E_A 控制電路電流，此活動電壓係等于輸入電壓E，減去容電器已充得之電壓 e_C，即：

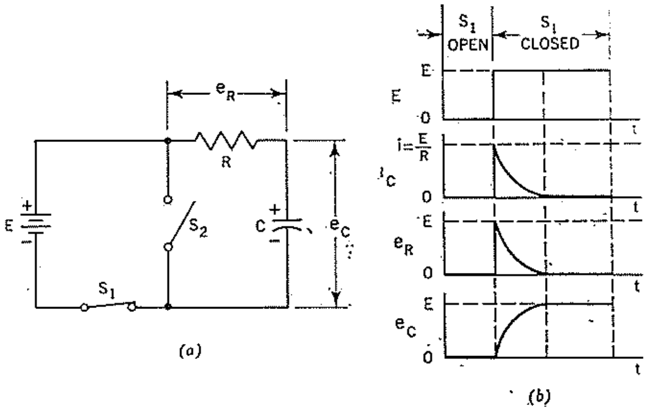


圖 2—292. 在 RC 電路内，容電器開始充電。

$$E_A = E - e_C \qquad (43-2)$$

當 $e_C=E$ 時，表示容電器已充滿（Fully Charged），$E_A=0$，使電路電流停止，即 $i_C=0$，同時 $e_R=0$ $e_C=E$。

現將圖 2—292 電路，用數學加以分析，可求出用一個時間常數（Time Constant），可將容電器充得輸入電壓百分之 63.2（大約）。亦即表示將容電器充電至輸入電壓百分之 63.2 所需時間，稱爲電路之時間常數。時間常數單位爲秒，等于阻力 R 與容電量 C 之相乘積，故此：

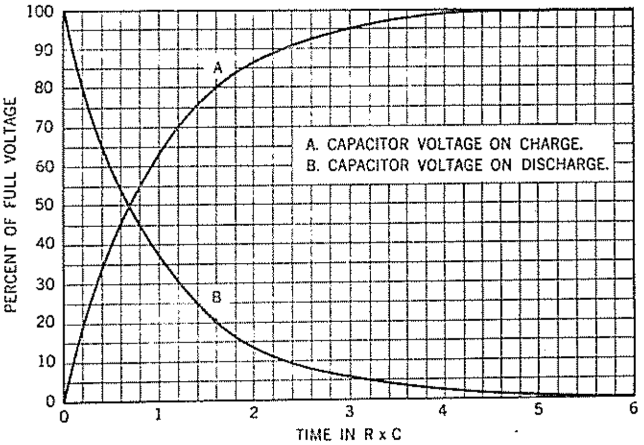
$$t = R \times C \qquad (43-3)$$

若 R=1 兆歐，及 C=1微法，t=1秒；若 R=1000,000歐，C=0.1微法，則 t=0.01 秒。爲求計算簡便起見，可用以下所需之單位求出時間常數：

R（歐）×C（法）=t（秒）
R（兆歐）×C（微法）=t（秒）
R（歐）×C（微法）=t（微秒）
R（兆歐）×C（微微法）=t（微秒）

容電器之充電率

圖 2—292 係表示容電器之充電曲线，從曲线 A 觀察，可見到容電器經 R 充電趨向輸入電壓E之情形。水平軸代表時間常數，垂直軸代表容電器充得電壓之百分數，最高可充至輸入電壓，即百分之一百。在一個時間常數上，C 可充得百分之 63。在二個時間常數上，充得百分之86。在三個時間常數上，充得百分之95。在四個時間常數上，充得百分之98。在五個時間常數上，則充得百分之 99（實際百分之百）。在第一個時間常數終點上，電路之活動電壓等于原來輸入電壓百分之37。又在第二個時間常數上，容電器電荷增加百分之 23（86 −63=23），即係等于活動電壓37伏之百分63。由此可對容電器電荷建議一定則如下：在每一時間常數内，容電器可充得活動電壓百分之63（63.2比較精確）。活動電壓可用公式(43-2)計算之。



圖—293. 容電器之充電及放電之通用圖表。

由于 RC 充電之電路内，永遠殘存活動電壓百分之 37，故理論上容電器永不能充滿至輸入電壓。但實際上，在第五個時間常數終點，容電器可當作充滿。

容電器放電所需時間

容電器充電後，如何放電？設在圖 2—292 内 C 已充滿至輸入電壓。現將 S_1 開路，及將 S_2 閉路，C 即經 R 放電，如圖 2—294(a) 所示。放電電流 i_d，跨過 R 電壓 e_R 及跨過 C 電

壓 e_C 之變化情形，如圖 2—294(b) 所示。放電電流 id 係與充電電流 ic 反向，故跨過 R 電壓 e_R 極向亦與圖 2—292 (b) 相反。

圖 2—293 曲綫 B 表示 C 之放電情況：在一個 RC 內，C 放去總壓百分之 63；在二個 R_C 內，C 放去總壓百分之 86，餘則類推之。故放電之定則亦與充電定則相似：即在一個時間常數內，容電器放去所存電壓百分之 63。

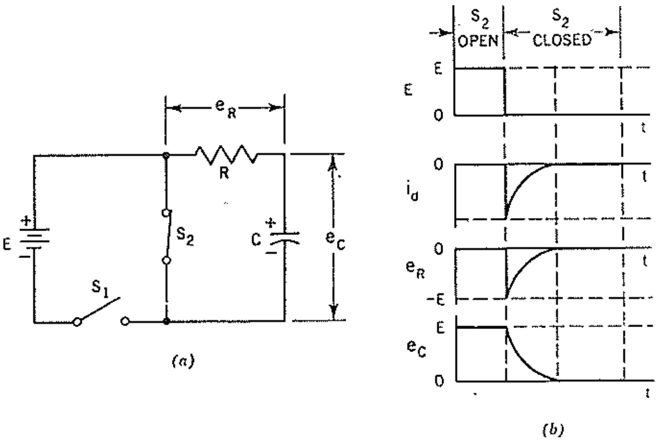


圖 2—294.　容電器在一 R_C 電路內放電。

再參照圖 2—292 (b) 及圖 2—294 (b) 之曲綫，可應用克希荷夫定律在充電及放電電路內。即係在任何時間上，輸入電壓 E 等于跨過容電器電壓及跨過電阻電壓之和：

$$E = e_C + e_R \qquad (43—4)$$

現再觀察圖 2—293 之曲綫，均爲指數曲綫 (Exponential Curves)，並由下式述明 e_C 及時間 t 之互相關係：

$$e_C = E\,(1—3^{-t/RC}) \qquad (43—5)$$

上式中 3 係自然對數底 (Base of the Natural Log) 等于 2.71828，E 爲輸入電壓。上式可寫成：

$$e_C = E\left(1 - \frac{1}{2.718^{\frac{t}{RC}}}\right) \qquad (43—6)$$

當 t =RC 時，指數 t / RC 等于 1.故：

$$e_C = E\left(1 - \frac{1}{2.718}\right) = 0.632\,E \qquad (43—7)$$

實驗程序：

真空管伏表之輸入阻力

1. 將圖 2—295 (a) 電路內 S_1 及 S_2 開路，旋直流供給電源 E 至 110 伏左右。

2. 將 S_1 閉路。若真空管伏表輸入阻力爲11兆歐，即指出讀數爲100伏。若不符合，至真可再調節E直空管伏表讀出標準電壓100伏爲止。

3. 用真空管伏表測量跨過直流供給之電壓 E，及記錄在附表 2—66內。

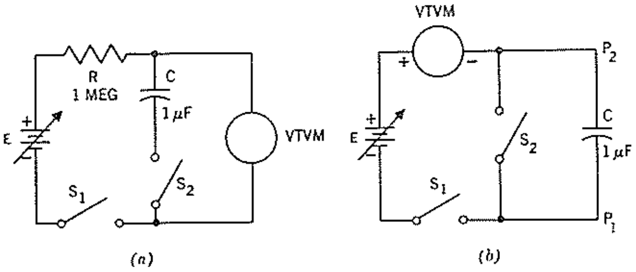


圖 2—295.　東南基本實驗板 No. 14—B. 容電器充電及放電實驗電路。

4. 將測出之E值代入下式，計算及記錄真空管伏表之輸入阻力 Rin。

$$Rin = \frac{100}{E-100} \times 1 \text{ 兆歐} \qquad (43-7)$$

同時記錄 Rin 之規定值。計算及規定值，應當大約相同。

5. 將 S_2 閉路，最初一瞬間真空管伏表電壓讀數立即降為零，然後隨 C 充電時間升高。大約經 10 秒鐘後，C 即充滿，真空管伏表測出跨過 C 間電壓為 100 伏。

附表 2—66

E，伏	Rin，歐		放電時間常數，Rin C——秒	跨過 C 電壓 伏
	計算	規定		
				100

放電時間常數 RC	e_C，伏				
	第一次測驗	第二次測驗	第三次測驗	平均值	計算值
1					
2					
3					
4					
5					
10					

放電時間常數

6. 用 Rin 之規定值（例如 11 兆歐）計算放電時間常數及記錄在附表 2—66 內。

7. 將 S_1 開路，C 現經真空管伏表輸入阻力放電。觀察及記錄在各個時間常數之時刻上，跨過 C 電壓 e_C，如附表 2—66 所示。例如，假設放電時間常數為 Rin × C=11秒，必要在第一個時間常數11秒鐘上，將 e_C 讀數記錄在"第一次測驗"項下，第二個時間常數在 22 秒鐘上，直至 C 完全放盡為止。

8. 再將 S_1 閉路，使 C 再次充滿 100 伏。

9. 依照程序 7. 再作一次，記錄 e_C 在第二次測驗項下。

10. 依照程序 8 及 9 再作一次，記錄 e_C 在第三次測驗項下。

11. 將一個 RC 所得三種 e_C 數值平均之，記錄在平均項下。同樣將二個至十個 RC 之 e_C 平均值記錄之。現以水平軸作 RC，以垂直軸作 e_C，用紅色筆繪出 e_C 平均值對 RC 互變曲綫（參考圖 2—293）。

12. 用公式（43—6）計算由一個 RC 至 5 個 RC 之 e_C 值記錄在附表 2—66 內。並用綠色筆繪出 e_C 對計算值 RC 之互變曲綫，與程序 11 之曲綫比較之。

充電時間常數

13. 現採用圖 2—295 (b) 測驗電路。旋真空管伏表在 100 伏或較高範圍上。將 S_1 及 S_2 閉路，調節 E 在 100 伏上 (由真空管伏表指出)。

14. 將 S_2 開路，容電器現開始充電。觀察在各個充電時間常數之時刻上，跨過真空管伏表電壓 e_R，及記錄在附表 2—67 之第一測驗項下。充電時間常數與附表 2—66 所記錄之放電時間常數 Rin C 相同。用下式計算在各個時間常數之時刻上，跨過容電器 C 電壓 e_C，並記錄在第一測驗項下。

$$e_C = E - e_R = 100 - e_R \qquad (43\text{—}8)$$

15. 將 S_2 閉合，使 C 放電。E 要保持在 100 伏上。又將 S_2 開路，依程序14重作一次，將測量電壓記錄在 e_R 第二測驗項下，及記錄計算數值在 e_C 第二測驗項下。

16. 依照程序 15 再作一次，記錄測量電壓在 e_R 第三測驗項下，並記錄計算值在 e_C 第三次測驗項下。

17. 將在各時間常數之時刻上所得 e_C 三種數值平均之，並記錄 e_C 在平均值項下。用紅色筆繪出 e_C 對 RC 之互變曲綫。

18. 計算在一個RC至10個RC終點上，跨過C間之電壓 e_C 值，及記錄在附表2-67內。用綠色筆繪出 e_C 計算值對RC之互變曲綫，並與程序 17 之曲綫比較之。

19. 依照圖 2—296 (a) 所示，將平方波信號產生器跨接在 RC 電路間。旋頻率度盆至1000赫，分別用示波器觀察跨過 C 電壓 e_C 及跨過 R 電壓 e_R 波形繪在圖2—296 (b) 內。

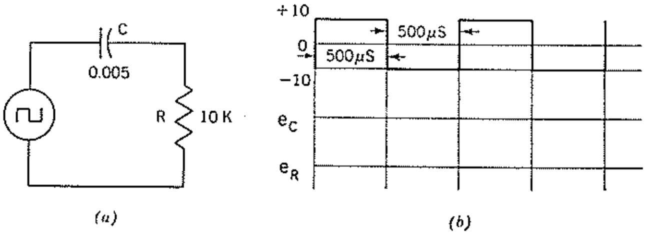


圖 2—296. 東南基本實驗板 No: 14—C. 觀察在 RC 電路上波形。

附　表 2—67

充電時間, Rin C ———秒	e_R，伏			e_C，伏				
	第一次測驗	第二次測驗	第三次測驗	第一次測驗	第二次測驗	第三次測驗	平均值	計算值
1								
2								
3								
4								
5								
10								

討　　論：

1. 試說明對RC電路之時間常數定義。
2. 如何利用容電器之充電曲线測量時間？
3. 在本實驗中，何種因素限制測量之準確性？
4. 將 e_C 之三次測驗數值加以平均，其目的何在？
5. e_C 之平均值如何與容電器充電及放電之計算值作比較？
6. 在本實驗中所繪制之 e_C 對 RC 充電曲线，及 e_C 對 RC 放電曲线是否與圖 2—293 之通用曲线相同？對于任何失常之變，有何評論發表？
7. 將下列 RC 數值，計出其時間常數：

   a. R＝220.000 歐，C＝0.003 微法。

   b. R＝ 5.600 歐，C＝0.25 微法。

   c. R＝ 2.2 兆歐，C＝2.50 微微法。

實驗 2——43　調幅式檢波器測驗

目　　的：

1. 研究半導體二極管檢波器之性能。
2. 研究電子管檢波器檢波器之性能。

應用儀器：

1 東南電子管動電示教板 No. 4。

1 射頻信號產生器。

1 真空管伏表。

1 電子示波器。

1 耳機。

解　　釋：

一般無线電廣播電台所發射之信號，可分爲調幅波（Amplitude Modulation Wave，簡稱 AM），及調頻波（Frequency Modulation Wave，簡稱 FM）兩種。調幅波係利用聲頻信號，將射頻振幅加以調制，使射頻波幅形狀隨聲頻時值而變。調頻波則利用聲頻信號將射頻之頻率加以調制，使射頻隨聲頻時值而移變。

在無线電接收機內，係裝有一級檢波器（Detector），其功用係將外來調幅或調頻射頻信號加以檢波，使聲頻信號從調制射頻中脫離出來，再經聲頻放大器放大後輸至揚聲器以產生聲音。

本實驗所研究之調幅式檢波器(AM Detector)，可分爲晶體檢波器(Crystal Detector)，二極管檢波器（Diode Detector)，柵極檢波器（Grid Detector）或稱柵阻及容電器檢波器（Grid Resistor and Capacitor Detector），及屏檢波器（Plate Detector）或稱柵偏壓檢波器（Grid Bias Detector）四種，如圖 2—296 所示。

調幅式檢波器之工作原理，可參考電子管精義及 RCA Tube Manual，茲不贅述。

實驗程序：

晶體檢波器測驗

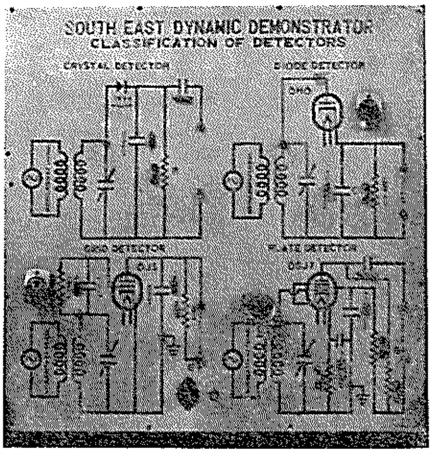


圖2-296.東南電子管動電示教扳No. 4 四種AM檢波器電路

1. 將信號產生器輸出綫跨接于晶體檢波器輸入電路間。旋度盆至1000千赫，將調制開關閉合。旋輸出至最大。

2. 將示波器作應用之準備。

3. 將示波器水平掃動選擇開關（H/SWEEP SEL）旋至15—150 赫頻段上。將垂直增益旋至適當位置上，扳同步開關至內部（INT）位置。

4. 將示波器垂直輸入綫接在晶體檢波器輸入調諧電路間。旋調諧電路至1000千赫，直至示波器銀幕顯出之波形達到最高爲止，依次調節示波器垂直增益，微調及同步，鎖定兩個正弦波調幅射頻信號在銀幕上，並繪出之。

5. 將示波器垂直輸入綫移接至晶體檢波器輸出端間，觀察銀幕上被檢波作用所產生之聲頻成份，調節調諧電路至最大輸出，將波形繪出之。

6. 將濾波容電器移開，觀察聲頻所含之殘餘射頻成份，並繪出之。

7. 接上耳機聽聲頻信號。

8. 用真空管伏表測量加載阻間直流電壓，並記錄之。

9. 將信號產生器之調制開關開路，觀察聲頻信號之變化——包括示波器銀幕之波形，耳機之聲音，及真空管伏表之讀數，並分別記錄。之後將調制開關再次閉合之。

二極管檢波器測驗

10. 將信號產生器移接在二極管檢波器輸入電路間。

11. 依照程序 2 至 9 測驗一次並記錄之。

柵極檢波器測驗

12. 將信號產生器移接在柵極檢波器輸入電路間。

13. 將柵極檢波器電源供給閉合。

14. 用真空管伏表測量檢波器屏壓及柵壓記錄之。

15. 依照程序 2 至 9 測驗一次，並記錄之。

屏極檢波器測驗

16. 將信號產生器移接在屏檢波器之輸入電路間。

17. 將屏檢波器電源供給閉合。

18. 用真空管伏表測量檢波器之屏壓，陰極電壓及柵至陰極間偏壓，並記錄之。

19. 依照程序 2 — 9 測驗一次並記錄之。

20. 將以上四種檢波器之輸出聲頻電壓比較之以決某種檢波器之靈敏度最高。

21. 將以上四種檢波器之輸出聲頻波形比較之，以決定某種檢波器之傳真度最佳。

實驗 2——44　五管交流調諧射放式接收機動電示教板測驗

目　　的：

1. 認識交流式調諧射放式接收機之工作原理。
2. 測量交流式調諧射放式機各級之阻力及工作電壓，並用表記錄之。
3. 調節三個射頻調諧電路在同一頻率上，以獲得最高靈敏度。

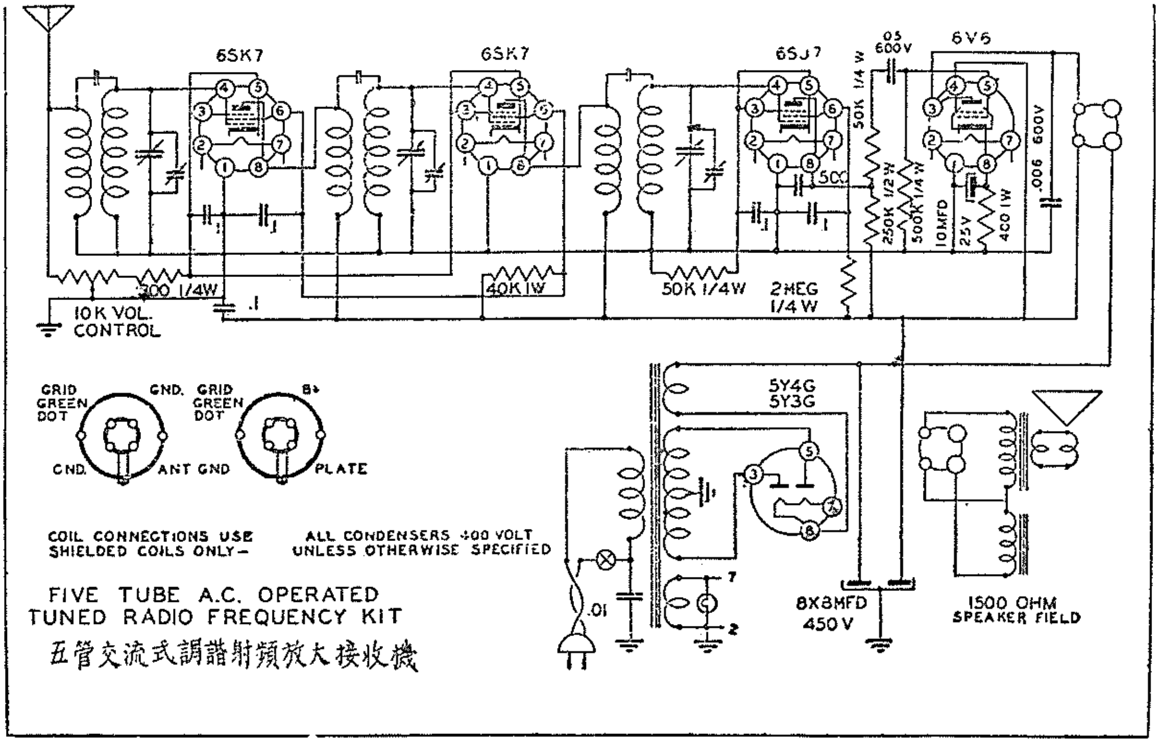


圖 2—297. 東南電子管接收機動電示教板 E.T.R. No. 3之線路圖。

應 用 儀 器：

1　東南電子管接收機動電示教板 E. T. R. No. 3 如圖 2—297 及2—298所示。
1　真空管伏表。
1　射頻信號產生器。
1　檢驗器。

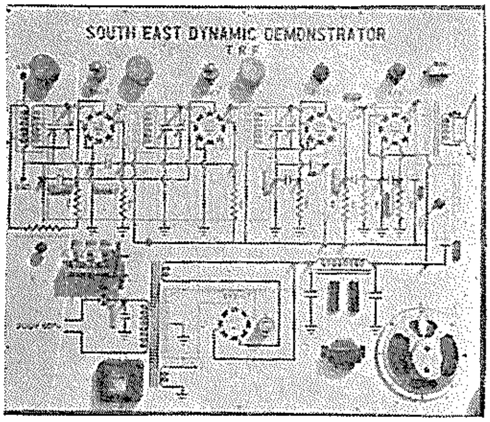


圖 2—298. E.T.R.No. 3 示教板之實物圖

解　　釋：

本機爲一部五管交流調諧射放式接收機(T.R.F.)，其靈敏度及傳真度頗佳，接上天地綫可收本港及澳門廣播電台信號。本機之綫路如圖2—297所示，用兩個遙截止管6SK7担任第一及第二調頻射頻放大級，以銳截止管 6SJ7 作屏極檢波級，以注射功率管 6V6作輸出級，而以5Y3GT作全波整流器。濾波電路則用容電器輸入式。天線及射頻線圈，除用互感耦合外，再加上絞合線容電器耦合，以增加其性能。

實驗程序：

1. 阻力測量：

(a) 將示教板電源插頭移開，用一導線將B十短路一瞬間，以便將濾波容電器之殘餘電荷消除。

(b) 以B一(或底板)爲參考點，將真空管伏表之黑試棒(負線)夾在該點上，選用適當阻力範圍(以指針指在度盆中間部份爲最佳)，將紅試棒依次序(5Y3 GT 6V6-6SJ7-6SK7-6SK7一天線)觸在各管座之陰極及信號柵極之接脚上，將所得阻力數值用表記錄之。

(c) 以5Y3-GT陰極爲參考點，將電表之紅試棒夾在該點上；用黑試棒依次序觸在各管之屏及簾極接脚上，將各點阻力數值，用表記錄之。

(d) 依照(b)及(c)方法再測量一次。

2. 電壓測量：

(a) 將電源插頭插入200伏交流電源上，將電源開關閉合，留意觀察指示燈，5Y3 GT，及6V6-GT燈絲發光情況，並用手觸在其他金屬管上，留意其發熱狀況，並記錄之。

(b) 經一二分鐘後，全部電子管燈絲及陰極溫度已達正常，全機開始工作。用小螺絲批觸在6SJ7柵極上，即有胡胡交流聲由揚聲器發出。

(c) 將真空管伏表選擇交流500伏範圍；將黑試棒夾在B一或底板上，單手握紅試棒，觸在5Y3-GT管之兩屏接脚上。將交流電壓數值記錄之。

(d) 將真空管伏表扳在直流500伏範圍上，單手握紅試棒依次觸在下列各管座之接脚上：5Y3-GT陰極，6V6屏及簾，6SJ7屏及簾，兩個6SK7屏及簾。將各點電壓數值記錄之。

(e) 將真空管伏表扳在直流50伏範圍上。測量6V6，6SJ7，及第二個6SK7之陰極自給偏壓，並記錄之。

(f) 將真空管伏表扳在直流100伏範圍上，旋音量控制器，測量第一射放級陰極自給偏壓之最小及最大值，並記錄之。

(g) 將真空管伏表扳在交流10伏範圍上，測量6V6，6SJ7，6SK7，6SK7之燈絲電壓并記錄之。

(h) 將紅黑試棒 接5Y3—GT管座第七及第八脚，測量其交流燈絲電壓，并記錄之。(注意：試棒切勿觸在底板上，以免將電表燒毀。)

(i) 依照以上程序再作一次至二次。

3. 校驗：

(a) 將信號產生器輸出熱線串連一代真天線，接在示教板之天線柱上，將冷綫接在底板上。

(b) 將信號產生器電源開關閉合，旋輸出至20——30微伏；將調幅開關閉合，旋度盆至600KC。將真空管伏表旋至交流50伏範圍。將黑試棒夾在底板，將紅試板串連一個0.1微法600伏容電器，接在6V6屏極上。

(c) 將示教板音量控制旋至最大，將度盆旋至600KC左右，直至有輸出爲止。

(d) 調節三個調諧電路之修整容電器，直至示教板之輸出最大爲止。

(e) 將信號產生器旋至1500KC，將示教板旋至1500KC，調節各修整容電器，直至輸出最大爲止。

(f) 將信號產生器及示教板同時旋至1000KC，調節各修整容電器至最大輸出。

(g) 依照(c)，(d)，(e)，及(f)方法，再作若干次，直至在600KC，1000KC，及1500KC三點位置所得輸出接近平衡爲止。

(h) 移開信號產生器，接上天地綫，旋度盆接收本港及澳門廣播電台節目。

(i) 將以上所得結果用表記錄之。

第 三 章

一年級下學期實驗

實驗 3——1 晶體管靜的集極電流測驗

目 的：

測驗晶體管靜的(無信號)集極直流。

應用儀器：

1 東南晶體管電動示教板 No. 1，全部所需另件如圖 3—9 (A)及(B)所示。
1 直流微安表或毫安表。
1 真空管伏表。

解 釋：

自貝爾電話研究所(Bell Telephone Laboratories)兩位科學家尊巴甸 (John Bardeen) 及布力田(W.H. Brattain)于 1948 年 6 月製成晶體管(Transistor)問世以來，無線電及電子工業進化史上又繼 1906 年李博士(Dr. Lee De—Forest)發明三極真空管以後，寫下劃時代的一頁，真體管雖出世未久，但其用途之廣濶，大有淩駕電子管之勢。

晶體管之所以受人歡迎者，係由於其其有比電子管較高工作效率及較小之體積。晶體管係一固體，無須採用一個保持真空之外売，亦無需燈絲或供熱絲以產生電子；因普通電子管係需用較大功率消耗于燈絲或供熱絲電路內。例如在電子管 6CE6 內，供熱絲所需電壓係6.3伏，電流爲0.3安，所消耗之功率等于6.3×0.3或1.89瓦。當用作一示範放大器時，其屏壓爲200伏屏流爲9毫安，在屏路內之消耗功率等于200×0.006或1.8瓦，若將供熱絲免除，可將該放大器之總功率消耗減至一半，但晶體管之效率較高，所節省之功率消耗尚不祇此數。除此之外，晶體管之體積約等于電子管千份之一，其重量約等于電子管百份之一。

電子管之工作係以陰極發射所需電子，以屏極吸收電子，及以柵極控制電子流，晶體管之工作亦大部份依賴電子流。圖 3—1 係表示各式晶體管之外型：(a)係小型管，其工作電壓及電流十分微小，常用于耳聾助聽機內；(b)爲標準型，常用作射放級，中放級，及低功率之聲頻放大級内；(c)裝有一散熱架，多用作中等功率放大級內，其熱量消耗常在一瓦以下；最後爲(d)，係一高功率放大管，其輸出可高達 10 瓦。圖3—2係表示一功率晶體管之內部剖面圖。

圖 3—3 爲晶體管之最通用線路符號：(a)爲陽型(PNP)，(b)爲陰型 NPN，每種均具有三個電極，即射極(Emitter)，集極(Collector)及基極(Base)。此種符號對于點觸式(Point-Contact)及結合式(Junction)兩種晶體管均可適用，及可繪圖在任何位置上。凡晶體管之射極係陽型，其矢頭係指向基極，若射極用陰型鍺，其矢頭則由基極指出。

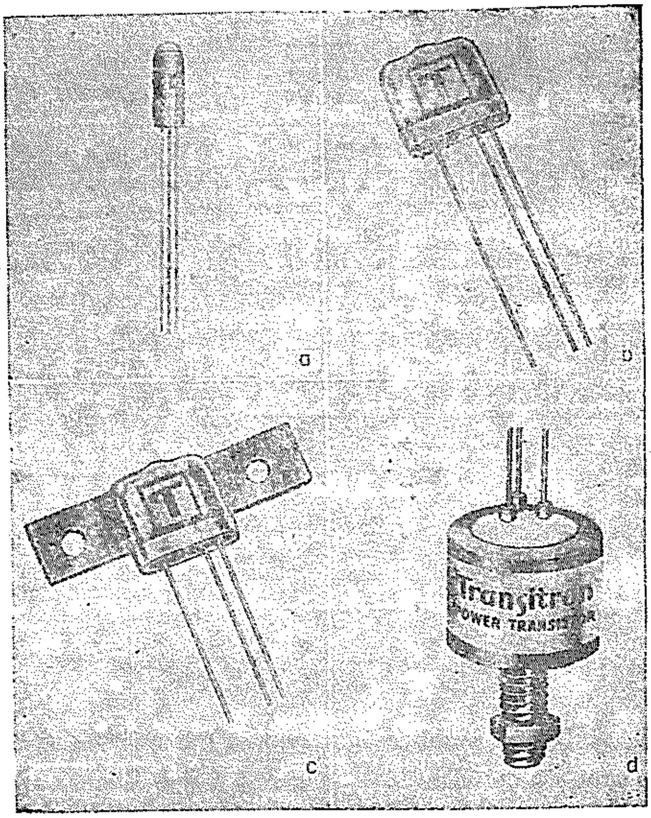


圖 3—1. 四種晶體管之外形，(a)最小型。(b)標準型。(c)中等功率(d)較高功率。

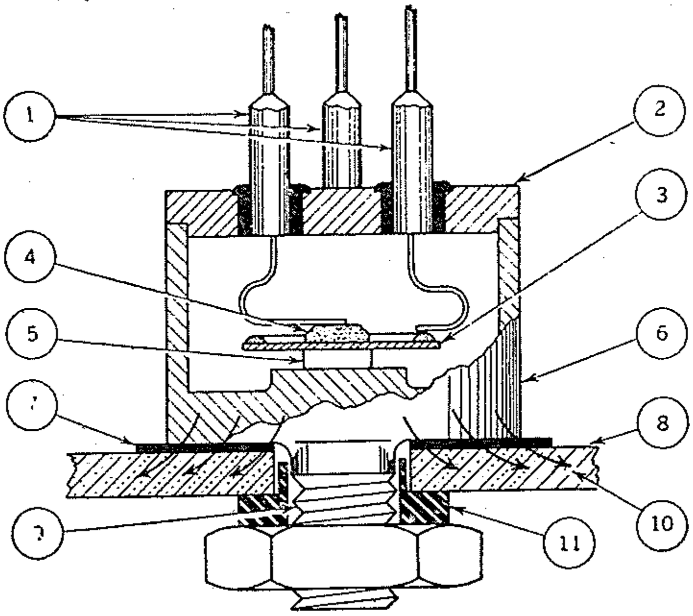


圖 3—2. 功率晶體管的剖面：(1)兩吋引線(基極，集極及射極)供作連接；(2)金屬頂(對基極及射極引線絕緣)，緊密封閉以防止積穢，(3)基極，(鍺晶體盤用鎳作環)；(4)射極(銦)；(5)集極(銦)；(6)金屬壳；(7)雲母絕緣器，以防止晶體管接地；(8)底板(供作散熱)；(9)安裝螺旋支柱；(10)矢向表示直接熱流途徑；(11)塑膠絕緣支柱。

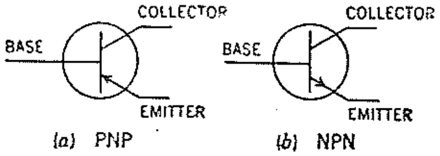


圖 3—3. 常用之陽型(PNP)及陰型(NPN)晶體管電路符號。

在晶體管内，各極電流係由於射極之電穴或電子流所發源，在電子管内，則發源于陰極，故晶體管之射極，可相當一電子管之陰極，晶體管之集極係電流之收納者，其作用可相當電子管之屏極，電流由射極(或陰極)流向集極(或屏極)必要經過基極(或柵極)，若用一電壓輸至射極(陰極)及基極(柵極)間並可控制電流，同樣，晶體管之基極功用相當電子管之柵極，現將上述之比較，用圖 3—4 表示之。

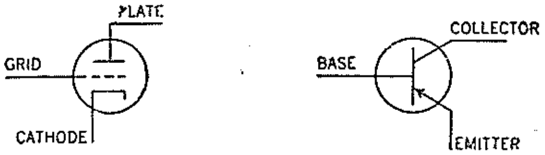


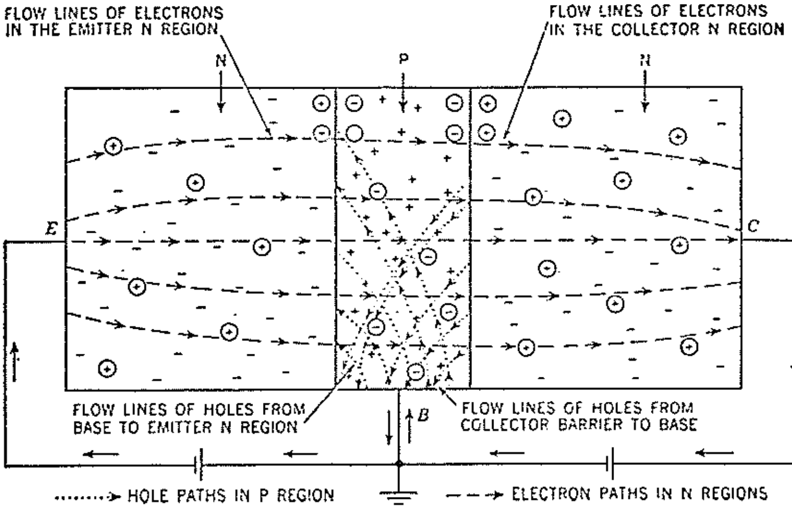
圖 3—4. 電子管及晶體管之相當電極：柵極—基極，陰極—射極，屏極—集極。

在電子管内，柵極之偏壓係永遠對陰極為負，故柵極阻抗極高，屏之供給電壓則永遠對陰為正，以便吸收由陰射出之電子。在晶體管内，雖然欲完成同一目的，但實際情形畧有差異，必先要用偏壓電池接于射極及基極間以產生電流，若射極係陽型所製成，基極必具有陰型鍺在内，當電池之正極接至陽型射極，負極接至陰型基極時，並有電流通過此部份，此種供電法稱為順向或正向偏壓(Forward Biasing)，在此情形下，射極電路之阻抗係低微。在各種晶體管内，射極至基極電路，係永遠供給一正向偏壓。

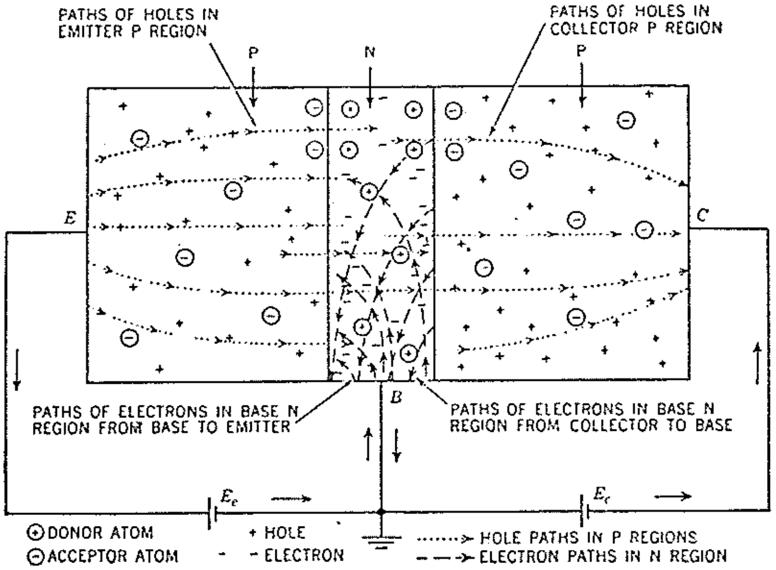
若用陰型鍺做射極，及陽型鍺做基極，必須將上述之電池接向反轉，始能獲得所需電流通過射極。

電子管係電壓放大器，而晶體管則係電流放大器，例如 μ 係代表電子管放大因數符號，等於變化屏壓對變化柵壓之比率，而 α 係代表晶體管 $\Delta I_c/\Delta I_e$ 比率之符號，ΔI_c 表示變化集流，ΔI_e 表示變化射流。

在集極電路内，正確電壓供給，必要能夠將電流減至最少(並非為零，但可減至若干微安上)，故集極常用反向偏壓供電法(Reverse Biasing)。假如集極係用陽型鍺做成，基極係陰型鍺(在PNP結合式晶體管内)，則電池之負極必要接至集極，正極接至基極。若在陰型晶體管内(NPN)，集極為陰型鍺，基極為陽型鍺，電池接法必要反轉。若集極用正向供電法，可產生極大電流通過集極及基極部份，而使晶體管發生高熱，以致永遠損壞不能再用，同時若集極電池電壓過高，亦可產生過量電流。在實用上，輸至射極電壓常少于1伏，而輸至集極電壓可以高達22.5伏。關於陽型及陰型晶體管供電之方法，及内部之施主原子(Donor Atom)，受子原子(Acceptor Atom)，電穴(Hole)，及電子(Electron)等之分佈情形，可參閱圖 3—5 所示。



(a)



(b)

圖 3—5. (a)在陰型結合 (NPN) 晶體管內之主載流係電子、(b)在陽型結合(PNP) 晶體管內之電子及電穴之流動途徑，其主載流係電穴。

晶體管用作放大器時，其電路設計可分爲地基極或共基極式 (Grounded-base or Common-base)，地射極或共射極式 (Grounded-emitter or Common-emitter) 及地集極或共集極式 (Grounded-collector or common-collector)。各式電路及電子管放大器之相當電路，分別用圖 3—6, 3—7 及 3—8 表示之。

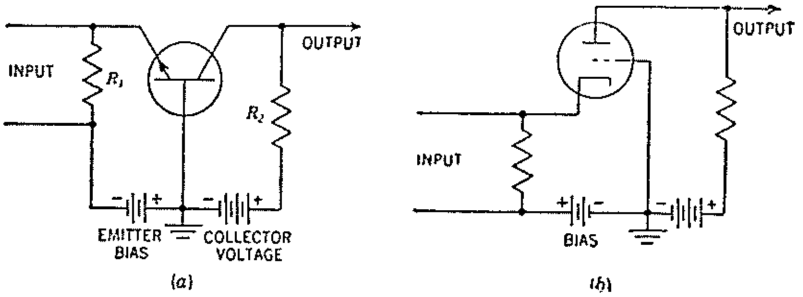


圖 3—6. (a)地基極晶體管放大器及(b)相當地柵極電子管放大器。晶體管爲陰型(NPN)，若用陽型晶體管時，供給電壓極向要相反。

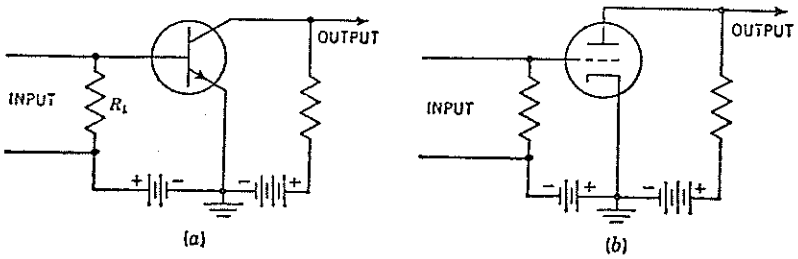


圖 3—7. (a)地射極放大器及(b)相當地陰極電子管放大器。

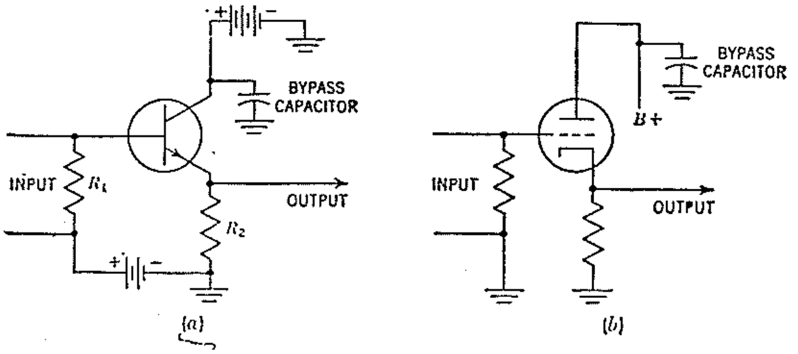


圖 3—8. (a)地集極放大器及(b)相當地屏極電子管放大器(即陰極耦合式)。

實驗程序：

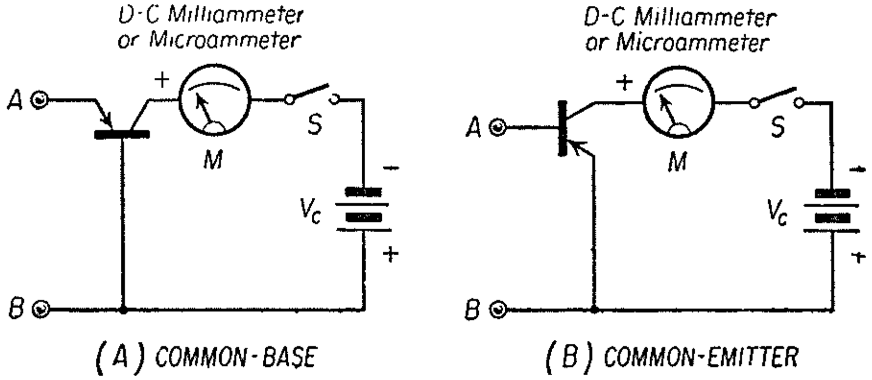
1. 東南晶體管動電示教板 No. 1 具有四種測驗電路，如圖 3—9 所示。晶體管採用陽型(PNP)結合式 CK 722，集極供給電壓爲 6 伏(最高不可超過 22 伏)。圖 3—9(A)及(B)係測驗靜的集極電流之裝置。

2. 圖 3—9(A)爲地基極或共基極電路，將電池負極接至開關S，將正極接至基極。

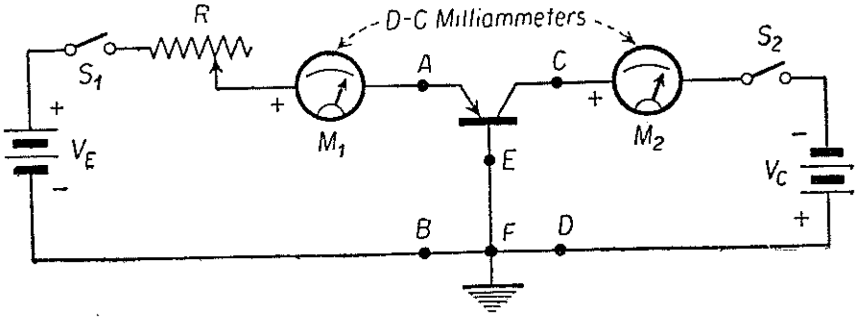
3. 將 0—1 直流毫安表插入開關 S 與集極間，先將 A—B 兩端開路，將開關閉合，將集極電流 Ic 記錄之。用真空管伏表測量集極至基極電壓 Vc，並記錄之。

4. 將 A—B 兩端短路，集極電流比 A—B 開路時較少，並將數值記錄之。兩種數值之比較，對於電路設計上極有貢獻，因有些晶體管放大電路，係利用一輸入變壓器之低阻次級捲接于輸入端而成短路效應，但另有些電路則用一高阻力接于 A—B 間。

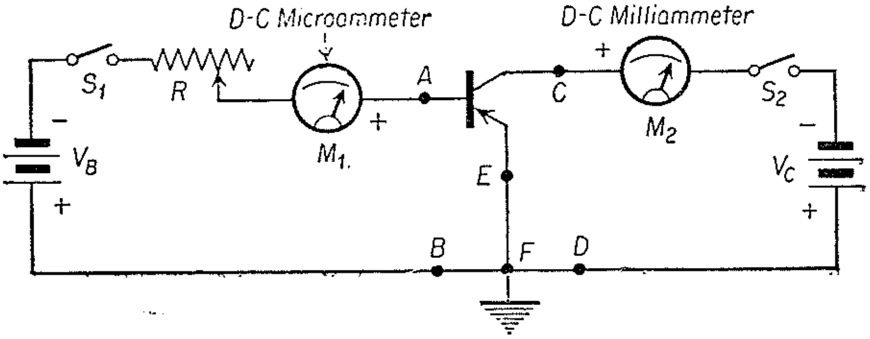
5. 圖 3—9（B）係地射極電路。將開關閉合，依次將 A—B 輸入端開路及短路，記錄每次集極電流及集極至射極間電壓之數值。



測量晶體管靜的集極電流之裝置：
（A）地基極。　　（B）地射極



（C）測驗晶體管射極對集極電流放大因數之裝置。



（D）測驗晶體管基極對集極電流放大因數之裝置。

圖 3—9. 東南晶體管動電示教板 No. 1 之裝置。

實驗 3——2　測驗晶體管之電流放大因數

目　的：

1. 測驗晶體管射極對集極電流放大因數。
2. 測驗晶體管基極對集極電流放大因數。

應用儀器：

1　真空管伏表。
1　東南晶體管動電示教板 No. 1，如圖 3—9（C）及（D）所示。

解　釋：

晶體管係一電流放大器，具有兩個放大因數。

第一是射極對集極電流放大因數，通常用 ∝ (Alpha) 符號表示之，此放大因數等于：

$$\alpha = \frac{\triangle Ic}{\triangle Ie} = \frac{\text{變化集極電流}}{\text{變化射極電流}}$$

第二是基極對集極電流放大因數，通常用 β（Beta）符號表示之，此放大因數等于：

$$\beta = \frac{\triangle Ic}{\triangle Ib} = \frac{\text{變化集極電流}}{\text{變化基極電流}}$$

（例一）：當用圖 3—9 (C)電路測驗晶體管時，若射極電流變化係由 0.75 毫安至0.80 毫安，集極電流變化則由 0.675 至 0.720 毫安，求出∝ 之數值。

（解）：　$\triangle Ic=0.720-0.675=0.045$ 毫安。

$\triangle Ie=0.80-0.75=0.05$ 毫安。

$$\alpha = \frac{\triangle Ic}{\triangle Ie} = \frac{0.045}{0.05} = 0.9$$

（例二）：當用圖 3—9（D）電路測驗晶體管時。若基極電流變化係由100微安至 125 微安。集極電流變化則由 4 毫安至 5 毫安，求出β之值。

（解）：　100微安＝0.100毫安

125微安＝0.125毫安

$\triangle Ib=0.125-0.100=0.025$毫安

$\triangle Ic=5-4=1$毫安

$$\beta = \frac{\triangle Ic}{\triangle Ib} = \frac{1}{0.025} = 40.$$

圖 3—9（C）係測驗晶體管之射極對集極電流放大因數之簡單電路。晶體管採用陽型結合式 CK 722，集極供給電壓Vc 可由 6 伏變至 22 伏，以便測量不同 Vc 之 α 數值。射極對基極電壓必要甚低于 Vc。直流供給電壓Ve最低限度要大于 Vc五倍，並用一高阻 R，以便供應一固定電流供給。兩直流毫安表之範圍大致相同。

圖 3—9(D)係測驗晶體管之基極對射極電流放大因數之簡單電路，晶體管亦爲 CK722。Vc亦可用至22伏以下，以便測量不同Vc之β數值。基極對射極電壓甚低于Vc，Vb最少要高過Vc五倍，並用一高阻R以供應一固定電流供給，電表M_1 係一直流微安表，M_2 係一直流毫安表。

實驗程序：

第一步，測驗晶體管之射極對集極電流放大因數 (Alpha)，採用圖 3—9 (C) 之裝置。

1. 先將 S_1 及 S_2 開路。
2. 接上電池 Ve，旋電位器 R 至最大阻力位置。
3. 接上電池 Vc。
4. 將 S_2 閉合。
5. 將 S_1 閉合，調節R，使獲得所需集極電流電平指示在毫安表 M_2 上，並將該項數值記錄作爲 I_{c1}；同時將在 M_1 上之相對射極電流值記錄作爲 I_{e1}。
6. 調節R，將射極電流增至一微小數值上，將 M_1 之新記錄作爲 I_{e2}，並將 M_2 所增加之相對集極電流記錄之，作爲 I_{c2}。
7. 求出射極電流變值 $\triangle I_e = I_{e2} - I_{e1}$；同樣求出集極電流變值 $\triangle I_c = I_{c2} - I_{c1}$。
8. 求出電流放大因數 $\alpha = \dfrac{\triangle I_c}{\triangle I_e}$ 之值。

第二步，測驗晶體管之基極對集極電流放大因數(Beta)，採用圖 3—9（D）之裝置。

1. 先將 S_1 及 S_2 開路。
2. 接上電池 Vc 及 Vb。
3. 旋R至最大值位置。
4. 將 S_2 閉合。將 S_1 閉合，調節 R，使獲得所需集極電流電平在毫安表 M_2 上，記錄其數值作爲 I_{c1}。
5. 記錄在微安表 M_1 上之相對基極電流值，作爲 I_{b1}。
6. 調節 R，將基極電流增加，使 M_1 指針擺前至最小可讀之變值上，並記錄作爲 I_{b2}。同時將 M_2 之相對增值記錄之，作爲 I_{c2}。
7. 求出基極電流變值 $\triangle I_b = I_{l2} - I_{b1}$；同樣求出集極電流變值 $\triangle I_c = I_{c2} - I_{c1}$。
8. 求出電流放大因數 $\beta \dfrac{\triangle I_c}{\triangle I_b}$ 之值。

實驗 3——3　半導體二極管之靜的直流特性

目　　的：

測驗半導體二極管之順向及反向特性。

應用儀器：

1　真空管伏表。
1　東南晶體管動電示教板 No. 2，如圖 3—10（A）及（B）所示。

解　　釋：

一般鍺，硒，矽，及養化銅等之半導體二極管，可用圖 3—10（A）及（B）之電路以測驗其直流導電特性。

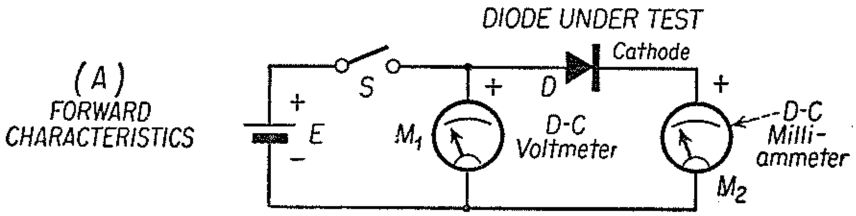
實驗程序：

第一步：正向特性。

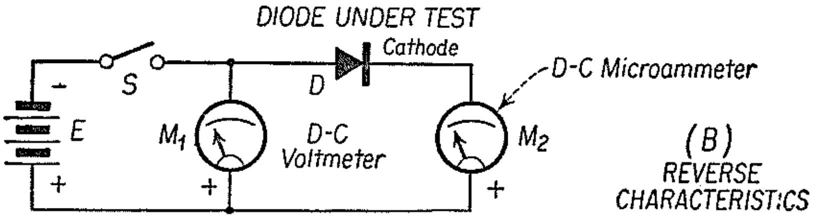
1. 先認明圖 3—10(A)所示之電表及電池之接向。
2. 將開關 S 閉合，調節直流電壓 E 至所需測驗電平，如 M1 指針所示。對於小型鍺及矽二極管如 1N34A，常用1伏作爲測驗電平。
3. 將 M1 電壓值及 M2 之相對正向電流值記錄之，並用廠家所發表之正向特性記錄比較之。
4. 用不同測驗電壓分次測驗，將每次之相對正向電流數值記錄之，並繪出一正向電流特性曲線。

第二步：反向特性：

1. 先認明圖 3—10(B)所示之電表及電池之接向。
2. 將開關 S 閉合及調節直流電壓 E 至所需測驗電平，如 M1 指針所示。此電壓約在 1 伏至50伏之間，視乎所用二極管而定。將每次輸入電壓及相對電流記錄之，並繪出反向電流特性曲線。



(A)正向特性測驗裝置。



(B)反向特性測驗裝置。

圖 3—10. 東南晶體管動電示教板 No. 2 之裝置。

實驗 3—4 半導體二極管整流效率測驗

目的：

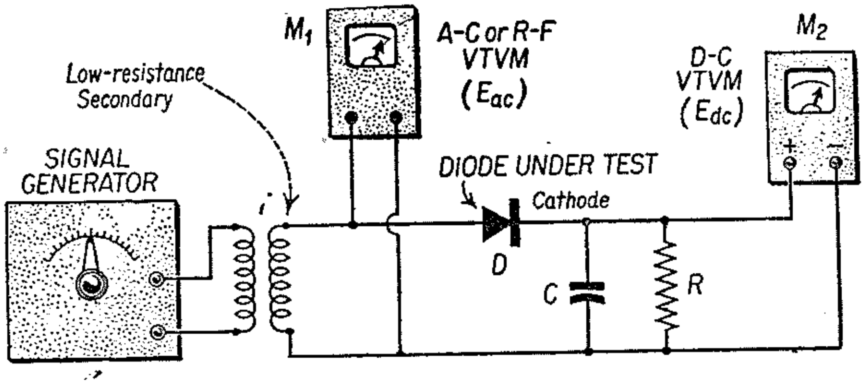
用不同頻率信號測出半導體二極管整流效率。

應用儀器：

2 真空管伏表。
1 射頻信號產生器。
1 東南晶體管動電示教板 No. 2，如圖 3—11(C)所示。

解　　釋：

圖 3—11 之裝置，係用以測驗半導體二極管之整流效率。測驗信號係由信號產生器所供給，信號電壓 Ea-c 經由射頻耦合變壓器輸至二極管電路，並由交流真空管伏表指示之。輸出直流電壓 Ed-c 之值，則由直流真空管伏表 M2 指示之。



(C)

圖 3—11. 東南晶體管動電示教板 No. 2之裝置。

測驗信號頻率 F，加載阻力 R，信號電壓電平 Ea-c，及加載容電量 C 之數值，係依照二極管之型式而決定之。對於通用式二極管如 1N34 型，F=5 兆赫，C=20 微微法，R=5000 歐，及 Ea-c=1 伏峯壓。整流效率係等于輸出直流電壓對輸入交流峯值之比率，即：

$$\text{整流效率}(\%)=\frac{100\ \text{Ed-c}}{\text{Ea-c}\ (\text{峯})}$$

將交流真空管伏表所指出之測驗正弦波交流信號之有效值，乘以1.414並可獲得峯值。C 及 R 之值愈大，整流效率愈高。將 C 及 R 之值保持常數：若 Ea-c 愈大，整流效率亦愈高；當 Ea-c 不變，頻率愈低，整流效率則愈高。當 C=20 微微法，R=5000 歐，在輸入電壓 1 伏有效值上，通用接點式鍺二極管之整流效率，在1兆赫上約有90%，在40兆赫上約有35%。

實驗程序：

1. 照圖 3—11 所示，接上全部測驗儀器。
2. 將信號產生器，及真空管伏表電源閉合，熱至五分鐘時間。
3. 將信號產生器之輸出電壓旋至所需電平上，將 M1 所指出之數值記錄之。
4. 將 M2 所指出之相對直流輸出電壓值記錄之。
5. 求出整流效率數值，例如：若用 1N38A 型二極管，測驗信號爲 500 千赫，當 Ea-c 等於 1 伏有效值，Ed-c=1.1 伏。

$$\text{整流效率}=\frac{100\times1.1}{1\times1.414}=77.79\%。$$

實驗 3——5 晶體管之電壓及電流調節

目 的：

本實驗之主要目的，係調節一晶體管上之工作電壓及建立一反相原理在一地射極放大器上（Grounded emitter amplifier）。

應用器儀：

1 真空管伏表或 20,000 歐／伏萬用電表。
1 東南晶體管動電示教板 No. 3—(A)，如圖 3—12 所示。
2 2N104晶體管。

解 釋：

2N104 為陽型（P-N-P）晶體管，專用作甲類聲頻放大器，其工作特性可參考 RCA Transistor Manual 一書。

實驗程序：

1. 小心將圖 3—12 電路研究清楚，認明電池接線之極向。
2. 將晶體管插入管座及接上電池。
3. 將真空管伏表功用開關扳至（DC—）位置，將伏範圍開關扳至5V上。將黑試棒夾在地，用紅試棒觸在基極上，調節電位器 P1，直至基對地間電壓等於—0.1伏。測量集極對地間電壓，約在—0.5至—1伏之間。
4. 將紅試棒觸在基極上，用10,000歐電阻跨接在基極至地間，基極負壓即減少，將數值記錄之。其次測量集極負壓，觀察集極負壓是否增加，並記錄其數值。
5. 將紅試棒觸在基極上，當用10,000歐電阻接在基極至地時，基極負壓減少（或正壓增加），即使集極負壓增加。

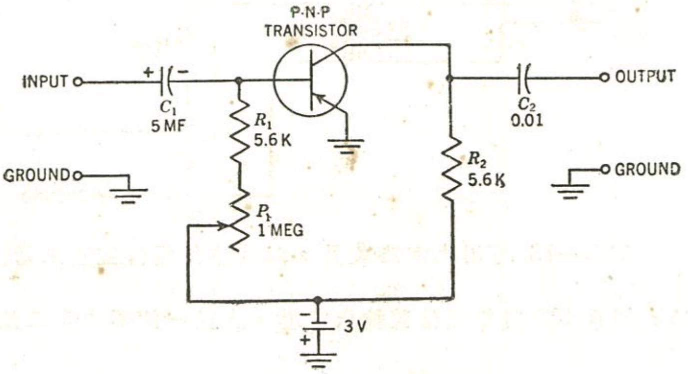


圖 3—12. 東南晶體管動電示教板 No. 3—(A) 電路——地射極放大器。

討　　論：

1. 由以上之實驗，可証明在一地射極放大器電路內，輸出信號電壓係與輸入信號電壓相位相反。
2. 當 P1 旋轉時，固可以變化基極及集極電壓，若用一電阻接在射極與地間，在電阻上之電壓降，亦同樣受到變化，因射極電流百分之九十係通過集極，若集極電流變化時，射極電流亦同樣發生變化。

實驗 3——6　失眞及溫度效應

目　　的：

觀察用信號輸至一晶體管放大器之工作情況，及其溫度變化效應。

應用儀器：

1　3吋或5吋電子示波器。
1　聲頻信號產生器。
1　東南晶體管動電示教板 No. 3—(A)（如圖3—12所示）
1　真空管伏表。
1　2N104晶體管。

實驗程序：

1. 將聲頻信號產生器輸出熱線接在 C1（圖3—12）之輸入端（＋），冷綫接在地，以真空管伏表作指示器，調節信號產生器之輸出至大約0.1伏有效值，（要小心調節，不可用太強之信號，否則晶體管因激動過強而致損壞）。若無聲頻信號產生器時，可改用一燈絲變壓器及配合一分壓器電路，如圖 3—13 所示。

2. 將示波器之垂直輸入線，跨接於C2及地間（圖3—12）。

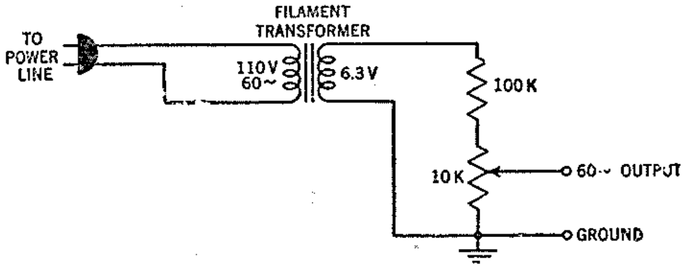


圖 3—13. 可用此電路裝置，以代替聲頻信號產生器

3. 由零開始，調節 400 週聲頻信號輸出電壓，直至一個不失真正弦波顯出在示波器銀幕上爲止。

4. 旋 P1 使信號波形發生微小失真。注意：當調節 P1時銀幕所顯出之輸出波形漸漸增至最高峯，然後開始剪平。剪波作用係發現在輸入信號之負半週上；當負半週信號輸入時

，集極電流增加，使集極負壓減少，在輸入負峯上，跨過電阻 R2 之電壓降幾乎等于電池電壓，若輸入信號再增，但集極負壓再不降低，輸出信號乃變成平坦形狀，此種作用與真空管剪波器相似。在另一半週上，若輸入信號增加超過此點，亦可獲得剪波效果，因在輸入信號正半週，可使射極至基極電壓達到截止數值，同時集極電流亦被截止。

5. 調節P1直至見到一不失真信號，然後將電池開路，並可觀察信號洩漏情況，由基極洩漏至集極的信號，通常係失真而無增益者，其相位亦與集極正常輸出電壓相位相反。

6. 將電池接回，用一真空管伏表，或一電子示波器，測量輸入及輸出信號，將輸出信號電壓除以輸入信號電壓，並可以求出晶體管之放大增益。再將電壓數值，變成相當分貝數字。

7. 用一固定信號電壓輸入，再調節 P1 ，使獲得最佳增益，使輸出波形振幅最大而剛不失真。各儀器之調節器位置保持不變，現用母指，食指及中指緊握晶體管之外売，以便用體温將晶體管加以温暖，觀察輸出信號之波形及高度之變態。將手指移開，晶體管温度降低，觀察波形變態。

在試驗時要用温暖手指，必要時，可將手磨擦使手指温暖，切勿將其他熱力加入，以免晶體管損壞。

8. 將信號回復正常，調節 P1 至最大不失真輸出，將電池開路及更換另一 2N104 晶體管，不可變動示波器及信號產生器各控制器之位置。將電池接回，注意信號振幅已變成失真，再調節 P1 至最佳信號。

討　　論：

1. 當輸入信號太強，即形成剪波作用。
2. 晶體管對温度變化極感靈敏。
3. 對於每一晶體管，其基極電壓要常加調節。
4. 同型之晶體管特性常有輕微變化。
5. 在地射極放大器内，可獲得一極有限量之電壓增益。

實驗 3——7　補償，輸入阻抗及偏壓

目　　的：

設立温度補償裝置，觀察輸入阻抗對射極衰減作用所引起之效應，及觀察集極電壓增益之效應。

應用儀器：

1　聲頻信號產生器。
1　3吋或5吋電子示波器。
1　2N104 晶體管。
1　東南晶體管動電示教板No. 3—(B)，如圖3—14所示。

程　　序：

1. 參考實驗3—6之增益或輸出信號電平之記錄。

2. 小心將圖 3—14 電路研究清楚，並認明電池連接之極向。
3. 用真空管伏表，將基極，射極及集極對地間電壓測量之。將基極與射極間電壓，集極與射極間電壓，及集極與基極間電壓測量，並列表記錄之。

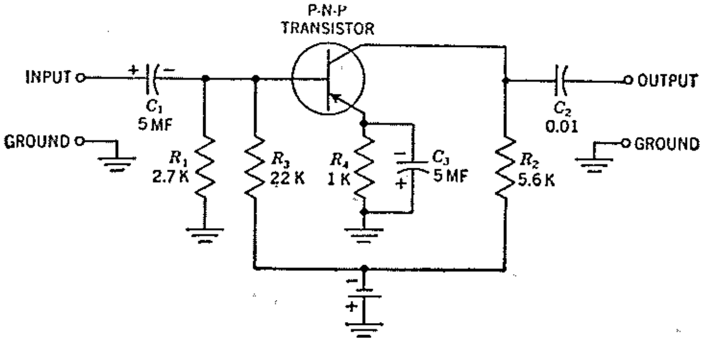


圖 3—14. 東南晶體管動電示教板 No. 3—(B) 電路——地射極放大器。

4. 依照實驗3—6之程序（1）及（2），將信號產生器及示波器接上，用相等信號電平輸入，但放大增益比前降低，因此時基極及射極電壓係比前較高，但基極至射極間電壓仍然約等於一 0.1 伏，集極電壓亦與前相同，而集極至基極電壓則較低，故增益亦較低。
5. 換上另一同型(2N101)晶體管，觀察R4之補償效應。因爲集極飽和電流之任何變化，均被 R4 之衰減作用所減小，故晶體管雖更換，電路不需調節，而亦極穩定，溫度變化亦同樣獲得補償效果。
6. 將電池電壓增至一 4.5 伏，測量集極對基極間電壓，注意輸出信號振幅比前增高，此即表示集極對基極電壓愈高，放大增益亦愈大，切勿將電池電壓增高至一 4.5 伏以上。
7. 將輸出信號電壓除以輸入信號電壓，計出放大增益之值。
8. 注意輸出電壓之振幅，將射極傍路容電器 C3 移開，增益立即顯著跌落。
9. 若將傍路容電器移開，輸入阻抗亦會增加，可依下法試驗之：
   a. 將傍路容電器 C3 移開。
   b. 用一 10,000 歐電阻，接入於輸入容電器 C1 與信號產生器輸出熱綫之間，如圖 3—15所示。
   c. 調節聲頻信號產生器，使輸出信號達到最大不失真波形。

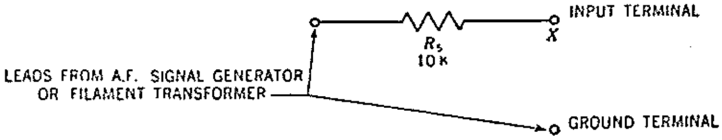


圖 3—15. 電阻 R5 之接法

   d. 將示波器及真空管伏表移接在圖 3—15，×點至地間，注意輸入信號之振幅，並記錄之。現將C3移開，在×點之輸入信號立即增高，將數值記錄之。因 C3 與R4並連時，基極加載作用，產生一電壓降跨過 R5；但當 C3 移開，加載作用減低，及將輸入信號增加。

討　　論：

1. 射極補償作用係增進晶體管温度的穩定。
2. 射極補償作用可以容許隨時更換同型晶體管，而每次換管時，無須將電路重新加以調節。
3. 射極傍路容電器可以免除信號衰減作用。
4. 移去傍路容電器，可增加輸入阻抗。
5. 集極至基極電壓愈高，放大增益亦愈大。

實驗 3——8　地射極，地基極，及地集極放大器。

目　　的：

研究地射極，地基極及地集極放大器之工作情況，及三者間之有關之差異點。

應用儀器：

1　電子開關。
1　5吋電子示波器。
1　聲頻信號產生器。
1　2N104晶體管。
1　東南晶體管動電示教板 No. 4—(A)，如圖 3—16 所示。
1　東南晶體管動電示教板 No. 4—(B)，如圖 3—18 所示。
1　東南晶體管動電示教板 No. 4—(C)，如圖 3—19 所示。

實驗程序：

1. 先將東南晶體管動電示教板 No. 4—(A)電路（圖3—16）研究清楚，及認明電池接線之極向。
2. 將電子示波器之垂直輸入線，跨接在輸出端（在C2上）及地間。

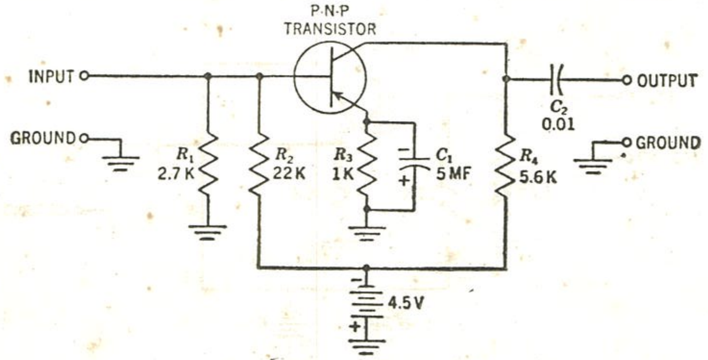


圖 3—16. 東南晶體管動電示教板 No. 4—(A) 電路——地射極放大器。

3. 依照圖 3—17 之接法，將聲頻信號注入放大器之基極輸入端。

4. 調節輸入信號至最大不失真輸出。校核輸出信號之振幅，將輸出電壓除以在 A 點（圖 3—17 ）之輸入電壓，計出放大增益之值。其次將輸出電壓除以在 B 點輸入電壓，計出放大增益。因 A—B 點間之 10,000 歐電阻，受晶體管輸入阻抗所引起而產生之電壓降，使 B 點輸入信號電壓高於 A 點，故兩次計出之增益畧有差異，但真確放大增益係等于輸出電壓除以A點輸入電壓。

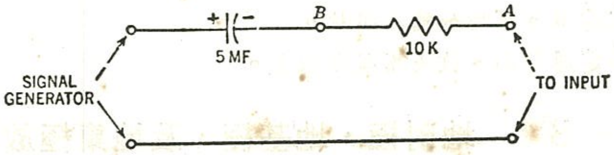


圖 3—17. 聲頻信號產生器輸出熱綫與 5 微法容電器及10千歐電阻串連接在放大器輸入端上，冷綫接在地上。

5. 將輸入信號及輸出信號分別注入電子開關之兩輸入端，將示波器垂直輸入線移接於電子開關輸出端，調節輸出及輸入信號振幅，觀察兩者之波形，係反相 180 度。

6. 改用東南晶體管動電示教板 No. 4—(B)電路（圖3—18），依照第一至第五程序重作一次，此電路係地基極放大器，利用容電器 C1 將基極交流電傍路至地。

7. 改用東南晶體管動電示教板 No. 4—(C)電路（圖3—19）依照第一至第五程序重作一次，5 微法容電器係將集極交流信號傍路至地，而成爲地集極放大器。

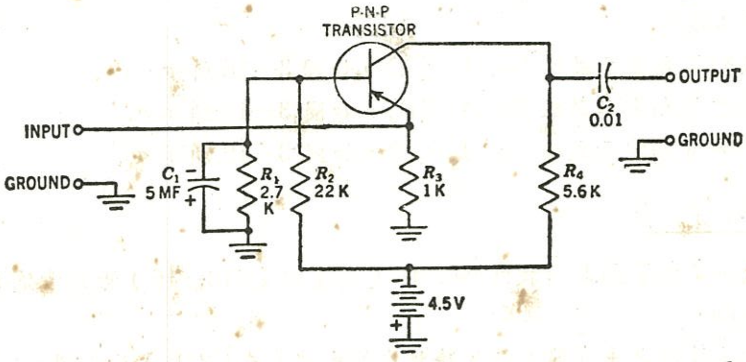


圖 3—18. 東南晶體管動電示教板 No. 4—(B) 電路——地基極放大器。

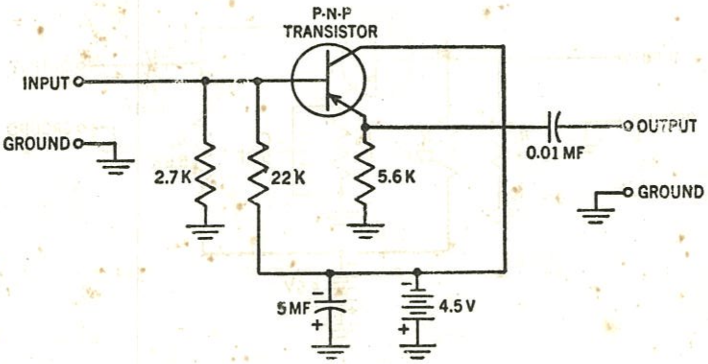


圖 3—19. 東南晶體管動電示教板 No. 4—(C) 電路——地集極放大器。

討　　論：

1. 一級地射極放大器之輸入及輸出信號係反相 180 度。
2. 一級地基極放大器之輸入及輸出信號係同相。
3. 一級地集極放大器之輸入及輸出信號係同相。

4. 地基極放大器之增益係低於地射極放大器，一級地基極放大器之輸入阻抗，係低於地射極放大器之輸入阻抗，此點作用可由跨過串連電阻（ 10,000 歐）之較大信號電壓降以表示之。地集極放大器之增益係小於一，但輸入抗阻則爲三種裝置中之最高者。

欲測量任何一種放大器之輸入阻抗，可用一100,000歐電位器代替圖 3—17 中之 10,000 歐電阻。最初調節電位器至零阻力（即將電位器短路），將充足信號輸入，使接在輸出端之示波器獲得最大不失真輸出波形；之後，逐步將電位器之阻力增加，直至輸出信號振幅減至一半，此時在該點上之電位器阻力，即等於放大器電路之輸入阻抗。

實驗 3——9　阻力——容抗及阻抗耦合

目　　的：

測驗用 RC 及阻抗耦合之兩級聲頻放大器之工作情況。

應用儀器：

1　聲頻信號產生器

1　示波器。

1　真空管伏表。

1　傳音器。

1　東南晶體管動電示教板No. 5

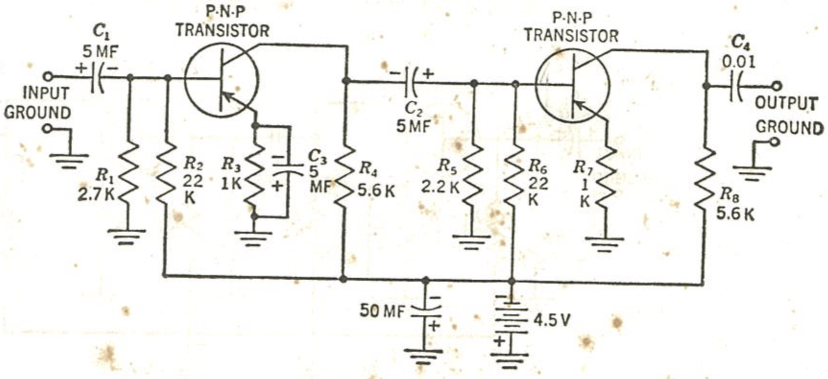


圖3—20.東南晶體管動電示教板No. 5—(A)電路——RC耦合聲頻放大器。

實驗程序：

1. 小心將圖 3—20 之電路研究清楚，並認明電池接線之極向。

2. 用極低信號電壓饋至 C1 ，用示波器及真空管伏表測量兩級放大器之總增益，並分別求出每級之增益。

3. 將示波器之垂直輸入線跨接在 C4 與地間，增加輸入信號，使波形之正及負半週剪平，以觀察失真波形。輸入信號不可太強，免致損壞晶體管。

4. 用傳音器接至輸入端，觀察聲波之動態。

5. 移開傳音器，再將聲頻信號注入，注意最大不失真輸出，正常約一伏有效值（但要視乎各晶體管型式而定）。

6. 測驗放大器之頻率響應。輸入一固定信號電壓至放大器，及記錄其相對輸出信號電壓（用真空管伏表分別測量之），先由20赫開始，累增至 20,000 赫止，將記錄之數值，繪出響應曲線。

7. 移開R4，將聲頻變壓器初級捲代替接上，如圖 3—21所示。現將電路改成阻抗耦合放大器，變壓器次級捲開路，照前方法測量放大增益，及頻率响應。

8. 移開變壓器，接回 R4，其次移開 R8 及接上變壓器初級捲代替之，如圖 3—22 所示。降低輸入信號以獲得最大不失真輸出。用此種裝置，可求出其增益係增加 5 至10倍，並測量頻率响應。

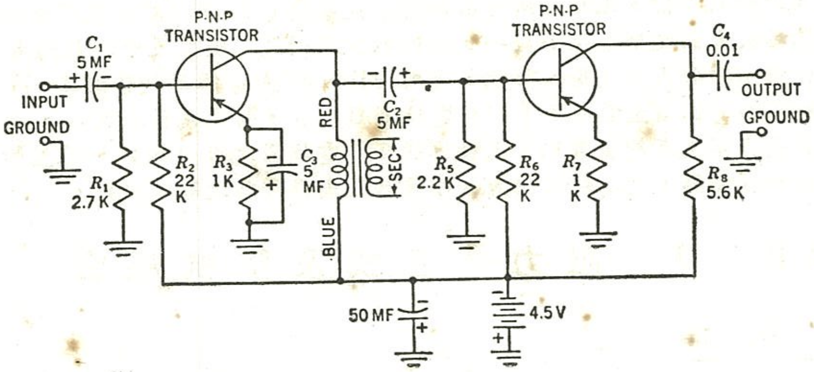


圖 3—21. 東南晶體管動電示教板 No. 5—(B)，用聲頻變壓器初級捲代替 R4 組成阻抗耦合放大器。

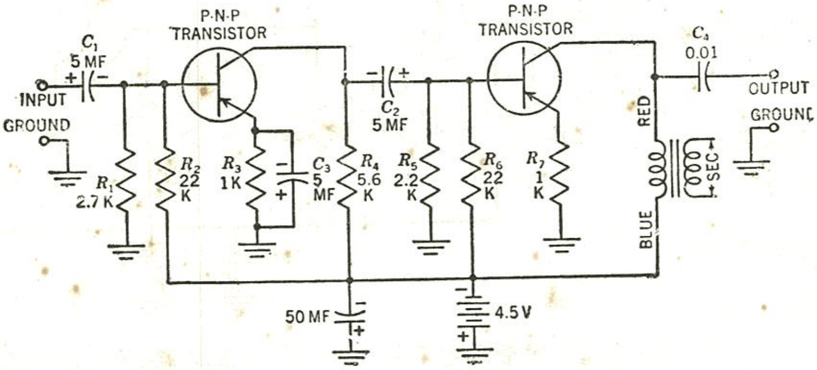


圖 3—22. 東南晶體管動電示教板 No. 5—(C)，接回R4，用變壓器初級捲代替R8。

討　　論：

1. RC 放大器具有適當放大增益。
2. 阻抗耦合可以增加集極電壓及增益，最有價值係裝在末級放大器輸出電路內。

實驗 3——10　壓變器耦合式聲頻放大器

目　　的：

研究變壓器耦合式放大器之性能。

應用儀器：

1 聲頻信號產生器。
1 電子示波器。
1 真空管伏表。
1 東南晶體管動電示教板 No. 6（圖 3—23）。

實驗程序：

1. 再將圖 3—20 電路之實驗作一次，並計出其總放大增益。
2. 同樣計出圖 3—23 放大器之總放大增益。
3. 將 C2 由變壓器次級捲移開，並接在第一晶體管之集極上，電路現改成阻抗耦合式，與圖 3—21 電路相同，由測量結果，可知用阻抗耦合之增益係比變壓器耦合式較低。跨過變壓器次級之信號電壓，雖低于初級者，但第二級之輸入信號，若取自次級，其增益係大於取自初級，此作用剛與電子管變壓器耦合放大器相反，因電子管係主要工作在激動電壓上，而晶體管則工作在激動電流上，聲頻變壓器之次級捲電壓較初級爲低，但其電流較大，故電流放大增益亦較大。

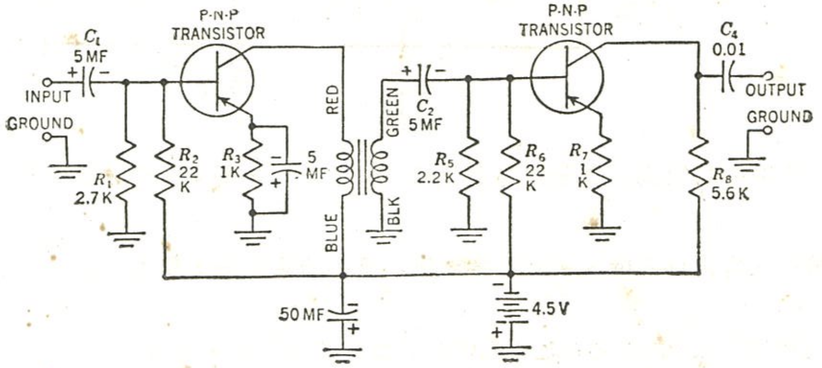


圖 3—23. 東南晶體管動電示教板 No. 6 電路——變壓器耦合式放大器。

討論：

1. 變壓器耦合式增益比阻抗耦合式較高，但頻率响應較劣。
2. 晶體管係一電流放大工具。
3. 用地射極連接之晶體管，其輸出阻抗係高於輸入阻抗。

實驗 3——11 聲頻放大器之應用

目的：

將一部完整的聲頻放大器之功用作進一步研究。

應用儀器：

1 東南晶體管動電示教板 No. 7，及 No. 8，全部所需另件如圖3—24及圖3—25所示。
1 電唱機。

實驗程序：

1. 將圖 3—24 電路研究清楚。

2. 接上電唱頭（即拾音器），細心聽輸出歌樂。

3. 用15伏電池代替 4.5 伏，即可聽到較大輸出。

4. 將射極電阻R3及R7之數值，各減至470歐，輸出功率再增大。將基極電阻 R2 及 R6 移去，各用一個 1 兆歐電位器代替接在基極至 B 一間，調節兩電位器至最大輸出，當調節電位器時，切勿使基極對射極（不是對地，因射極並非直接落地）之負壓超過0.1至0.2伏。

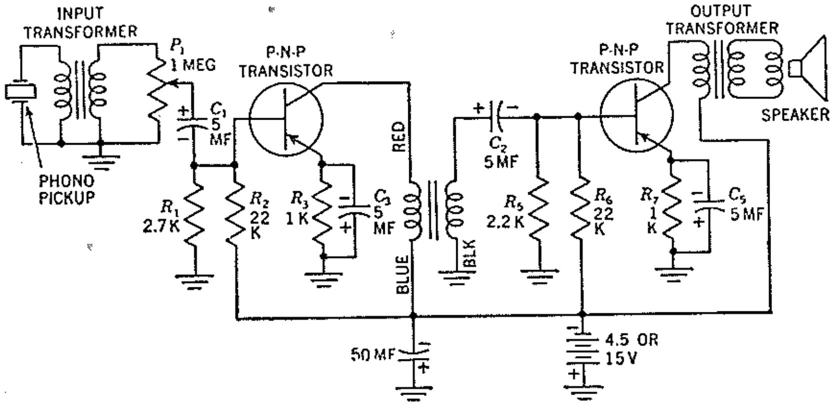


圖 3—24. 東南晶體管動電示教板 No. .7 ——一部完整聲頻放大器。

5. 當用15伏電源供給時，測量電路之總電流大約 4 毫安，輸出音量亦頗滿意，可供一客廳內享受。

6. 現改用圖3—25電路測驗之，此電路爲推挽輸出裝置，由於兩管之射極電流通過 R6 係反相 180 度，故無須用傍路容電器，輸出音量又比前增大。

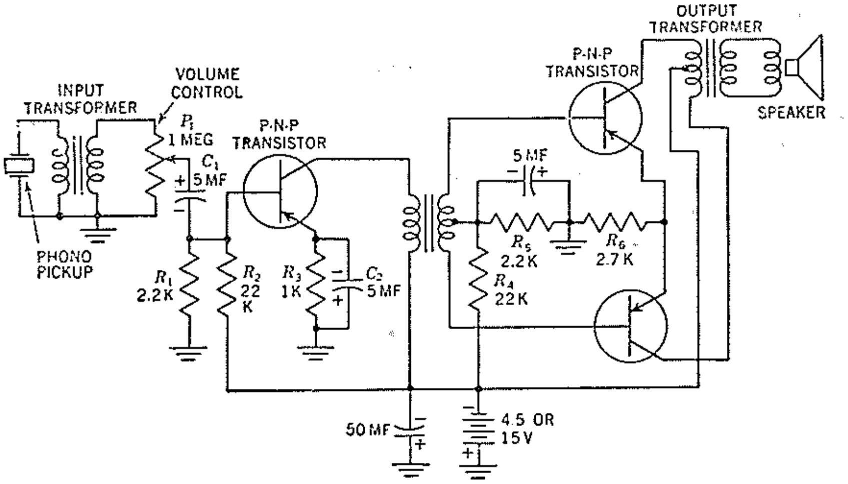


圖 3—25. 東南晶體管動電示教板No. 8 電路——一部推挽輸出聲頻放大器。

實驗 3——12 晶體管信號尋跡器及簡易接收機

目的：

研究非調諧式及調諧式信號尋跡器之功用。

應用儀器：

1 東南晶體管動電示教板 No. 9—(A)及No. 9—(B)，如圖 3—26 及圖 3—27 所示。
1 廣播頻段接收機環狀天線（鐵粉心式）。
1 365微微法小型可變容電器。
1 信號產生器。

解釋：

圖 3—26 係一部非調諧式信號尋跡器，若在輸入端加入調諧器電路， 可變成一部調諧式信號尋跡器。若接上天線，又成爲一部調諧射頻式接收機，如圖 3—27 所示。

實驗程序：

1. 將一部聲頻大放器輸入端接上晶體二極管，可成爲一部非調諧式信號尋跡器。
2. 將射頻信號產生器之調幅射頻信號注入輸入端，小心聽輸出聲音。
3. 將尋跡器之地端接在一部接收機底板，將高端接上一試棒，依次由接收機天線起，分別觸在各級之測驗點上，聽各測驗點上之輸出聲音。
4. 用一調諧電路接入輸入端，接上天線，接收本港各電台節目。

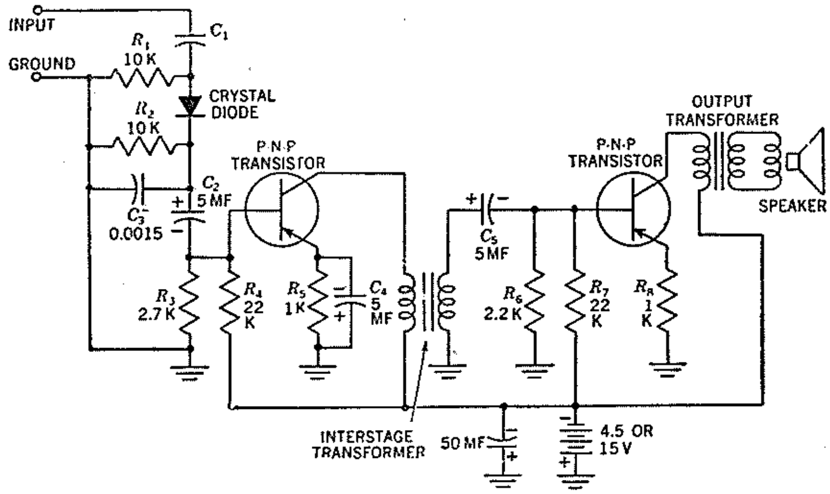


圖 3—26. 東南晶體管動電示教板 No. 9—(A) 之電路——非調諧式信號尋跡器。

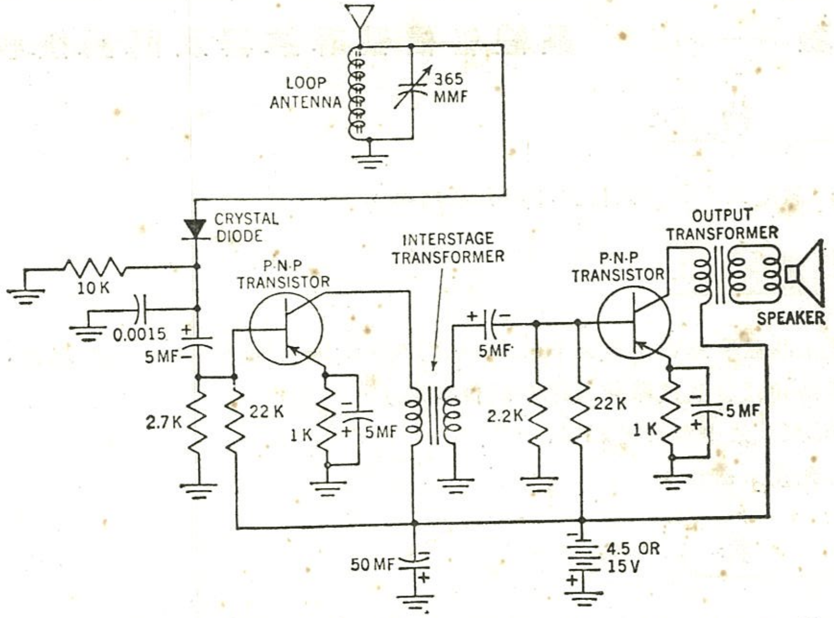


圖 3—27. 東南晶體管動電示教板 No. 9—(B)，在圖 3—26 電路之輸入端，接上一調諧電路，成爲一部簡易調諧射頻式接收機。

實驗 3——13　多諧波振蕩器

目　　的：

分析多諧波振蕩器之作用。

應 用 儀 器：

1　東南晶體管動電示教板 No. 10—(A)，全部另件如圖 3—28 所示。

1　電子示波器。

1　真空管伏表。

解　　釋：

在一般電視接收機內，其水平及垂直偏移電路，均用多諧波振蕩器或阻塞振蕩器。本實驗之目的，係分析多諧波振蕩器各測驗點之波形。當振蕩器產生振蕩作用後，在各點之波形如圖 3—29 所示。

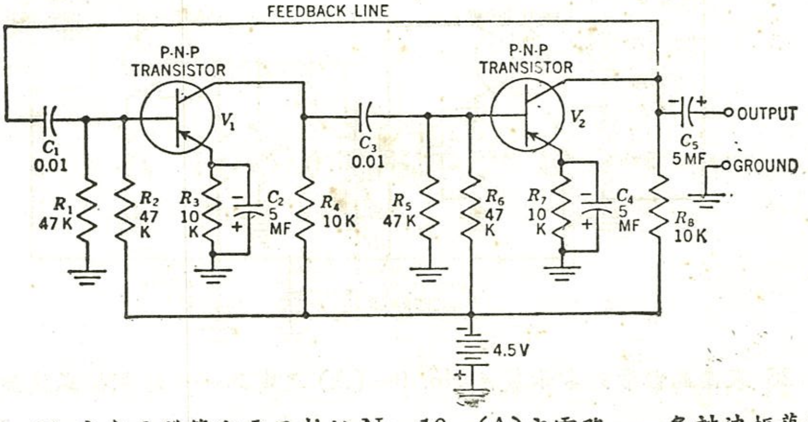


圖 3—28. 東南晶體管動電示教板 No. 10—(A)之電路——多諧波振蕩器。

先設V1之基極突然趨正，即將 V1 之集極電流減小，使集極電壓（R4之頂端電壓）比前更負；于是輸一負壓至 V2 基極，將基極及射極間順向偏壓增加，V2之集極電流隨之而增，在集極上之負電壓比前較少，亦即表示產生一正壓輸出。此正信號電壓反饋至V1基極，以助長基極原來正信號電壓，此係振盪作用之基本條件——即係正反饋作用，其增益係大於一。

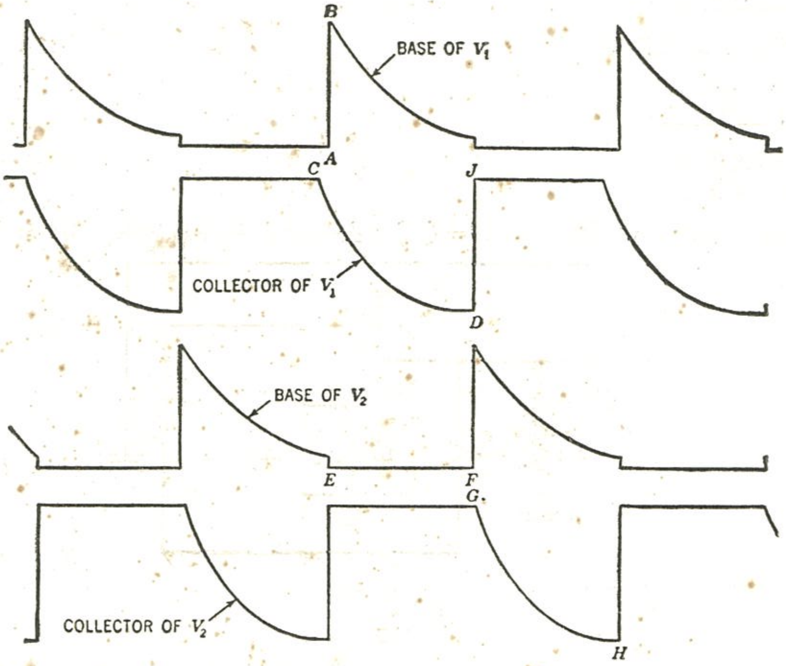


圖 3—29. 多諧波振盪器各極上之波形分析。

如此繼續下去，通過V1之電流逐漸減少，通過V2之電流逐漸增加，直至 V1 截止爲止。當V1達到截止，輸出爲零，再無激動信號輸至 V2 之基極，V2電流開始減少，於是產生一負信號反饋至V1基極，使V1又開始導電。V1既導電，即有一正向信號輸至V2基極，使V2 電流續減，反饋至 V1 基極負壓續增，V1電流續升，而 V2 之電流續減直至截止點爲止。如此循環不已，遂成振盪。

從圖3—29波形觀察，當V1基極趨正時（即A及B點），即將集極電流加以截止。容電器C3開始經電阻R4至R5充電，此充電作用如C及D兩點所示，因C3充電係在一常數定率上，故在V2基極上電壓可以維持十分穩定（E及F點）。當C3充電至接近其時間常數時，V2基極負向電壓開始減少（F點），使 V2 集極更趨負（G及H點），同時激動V1基極爲負，並使V1集極趨正（D及J點）；以後工作情形則與開始時相同。

振盪頻率係由RC電路之時間常數決定之。但變更耦合容電器 C3 以調節所需頻率，比變更電阻較爲容易，因變更基極之電阻數值時，會引起直流基極電壓變化，此類振盪器可產生鋸齒波及平方波輸出。

實驗程序：

1. 用一個0.0015微法容電器與引線串連接於示波器外同步插口及V2之集極間，將示波器之垂直輸入探針依次觸在V1及V2各極間，以觀察各點之電壓波形。

2. 用真空管伏表測量各點之直流電壓及峯至峯交流電壓。

3. 用一電位器接在V2及V1之集極間，將示波器垂直輸入線跨過電位器，可見到平方波形顯出在銀幕上。

實驗 3——14　阻塞振蕩器及鋸齒波產生器

目　　的：

研究阻塞振蕩器之作用。

應用儀器：

1　電子示波器。
1　真空管伏表。
1　東南晶體管動電示教板 No. 10—(B)，全部所需另件如圖3—30所示。

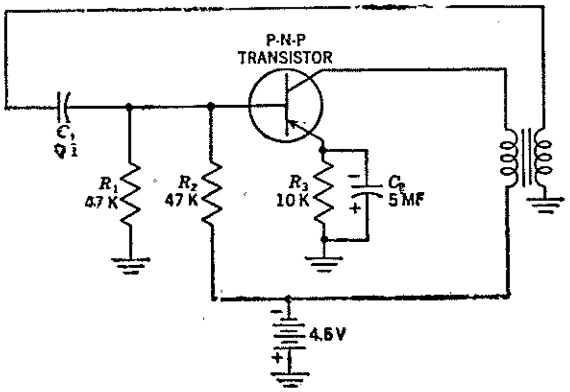


圖 3—30. 東南晶體管動電示教板 No. 10—(B)之電路——阻塞振蕩器。

解　　釋：

在圖3—31之基極波形A點上，基極開始趨負，於是激動集極由B點增至C點，在C點上集極電流不再增加，而達到平穩狀態，變壓器無感應電壓反饋至基極，C1立即停止充電，跨過R1電壓開始降低，使基極負壓減少，于是激動集極負壓增加，由於變壓器相位相反，使基極電壓更趨正（D點），在基極及集極曲線之斜率（E及F點，G及H點）係容電器及電阻之時間常數。

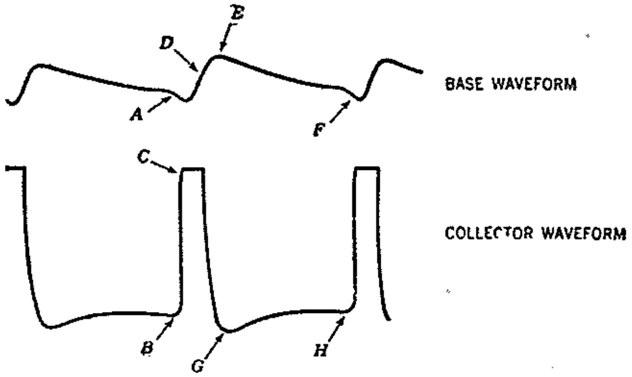


圖 3—31. 阻塞振蕩器基極及集極之波形。

若用一容電器接於集極至地間，即獲得鋸齒波輸出，並將阻塞振蕩器變成鋸齒波產生器，其振蕩頻率係由C1或R1調節之。

實驗程序：

1. 用示波器觀察在基極，集極及變壓器次級捲上之波形（依照實驗3—13第一步方法，由變壓器次級捲輸入信號至示波器外同步插口）。

2. 用真空管伏表測量各種直流電壓及峯至峯交流電壓。

3. 用一個0.5微法容電器接在集極至地間，並用示波器觀鋸齒波形。

4. 用一100千歐電位器代替R1，當變化電位器時，觀察齒鋸波之頻率變化，此電位器在電視機垂直偏移電路內，稱爲垂直穩定器。

實驗3——15　晶體管考畢子振蕩器

目　　的：

研究晶體管考畢子振蕩器之作用。

應用儀器：

1　電子示波器。
1　收報機。
1　真空管伏表。
1　東南晶體管動電示教板No. 11—(A)，全部所需另件如圖3—32所示。
1　頻率表。

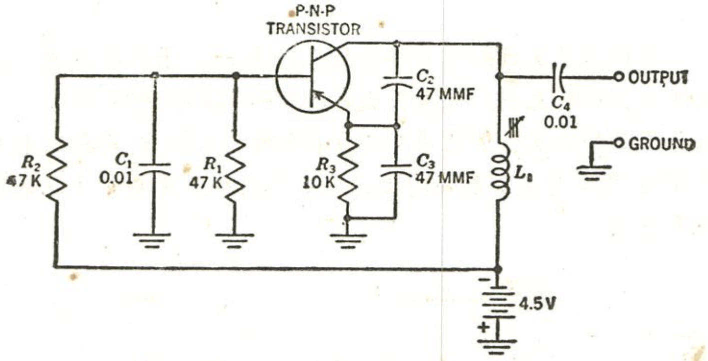


圖 3—32. 東南晶體管動電示教板 No. 11—(A)電路——考畢子振蕩器。

實驗程序：

1. 將示波器之垂直輸入線，跨接於集極輸出容電器C4與地間，觀察振蕩狀況。

2. 調節L1之鐵粉心，或調節C2及C3，觀察頻率之變化。

3. 用手指觸在示波器輸入引線上，注意振蕩頻率之變化，此係人手容量效應的表現。

4. 用頻率表及收報機測量準確振蕩頻率。

5. 將L1之自感量逐步減少，使振蕩頻率逐步增加，觀察波形振幅之變化。

6. 當頻率逐步增加時，分別用頻率表及真空管伏表，測量在每一正確頻率上之峯至峯振蕩電壓值，並記錄之。

討　　論：

1. 用晶體管極容易製成一個考畢子振蕩器。
2. 此種電路對於人手容電量效應極爲靈敏。
3. 頻率愈高，振蕩振幅愈低。
4. 此種電路普遍採用于電視機 UHF 調諧器内。

實驗 3——16　考畢子振蕩器及地集極緩衝放大器

目　　的：

研究考畢子振蕩器及地集極緩衝放大器之作用。

應用儀器：

1　電子示波器。
1　收報機。
1　頻率表。
1　真空管伏表。
1　東南晶體管動電示教板 No. 11—(B)，全部所需另件如圖3—33所示。

解　　釋：

照實驗 3—15 所得結果，可知在考畢子振蕩器内，人手容電器效應會引起頻率發生變化，若在輸出與振蕩器間加上一級緩衝放大器，可將頻率保持穩定。

地集極級之作用，極似真空管地屏（即陰極耦合）電路，雖無放大增益，但有一良好緩衝作用，當V2基極趨正愈大，射極電流愈減，使射極負壓愈少，或正壓愈大，於是基極及射極電壓變化獲得同相。

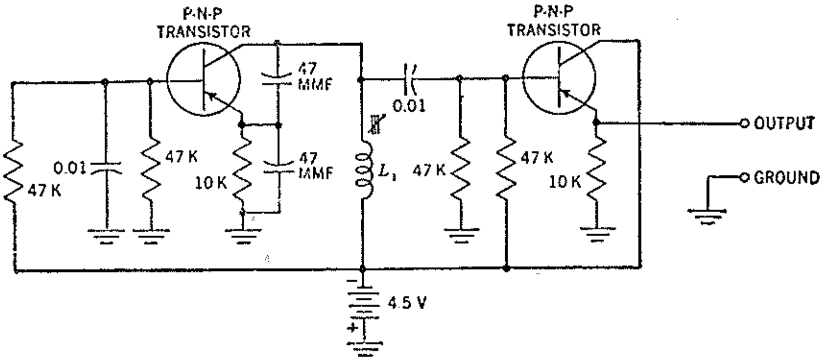


圖 3—33. 東南晶體管動電示教板 No. 11—(B)電路——考畢子振蕩器及地集極緩衝放大器。

實驗程序：

1. 用一個0.1微法容電器與示波器垂直輸入熱線串連接在輸出端，觀察輸出波形。

2. 將振盪器之頻率固定不變，並用收報機及頻率表作爲校核器，用手指觸在輸出端，信號電平會減低，但其頻率保持不變。

討論：

當晶體管振盪器工作在可變加載情況中，必須加上一級緩衝放大器，以保持其振盪頻率不變，本實驗之之緩衝級係一地集極電路，但亦可改用地射極，或地基極放大器。

實驗 3——17 晶體管的特性曲線測驗之一

目的：

將晶體管之特性曲線顯示在示波器之銀幕上。

應用儀器：

1 電子示波器。

1 真空管伏表。

1 東南晶體管動電示教板 No. 12—(A)，全部所需另件如圖3—34所示。

實驗程序：

1. 小心研究圖3—34電路接法，將水平輸入(HOR. INPUT)引線接至示波器之水平輸入插口，以便利用變化集極電壓供作水平掃波之用(兩者成正比例)。將跨過R2之電壓輸至示波器之垂直輸入端，作垂直偏移與集極電流成正比例變化。在此方法中，可得一集極電流對集極電壓之互變特性曲線。現將水平輸入選擇開關，由内部掃波扳至水平輸入位置。

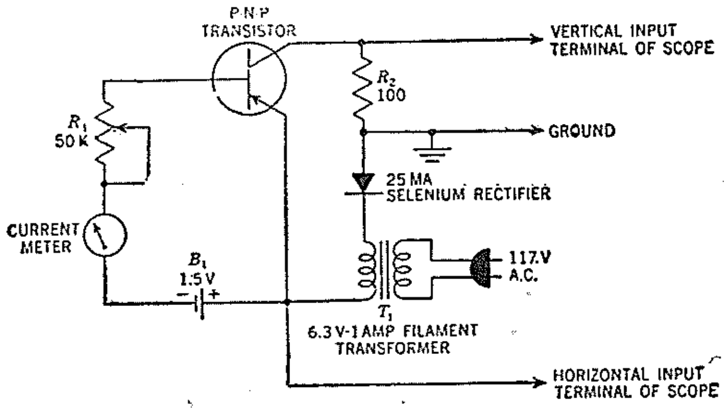


圖 3—34. 東南晶體管動電示教板 No. 12—(A)之電路——晶體管特性曲線測驗的裝置。

2. 圖 3—34 之電路，係一地射極放大器，欲獲得曲線組，必要用不同基極電流。開始時，先將R1開路，使基極電流爲零，調節示波器之垂直及水平增益控制器，直至獲得所需圖形爲止（如圖 3—35 所示）。此曲線係在基極電流爲零時所獲得，其振幅應爲最低，故不可將垂直增益控判器旋至太高，免致以後之曲线超出銀幕頂端。

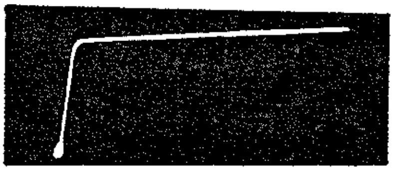


圖3—35. 基極電流爲零時，
晶體管之特性曲线。

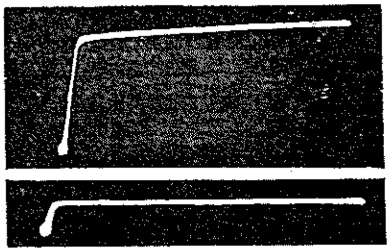


圖3—36. 在上特性曲线之基極電流爲100微安，
在下特性曲线之基極電流爲 20 微安。

3. 調節R1變化基極電流，並可獲得每一固定基極電流之特性曲线組，如圖3—36所示。基極電流愈大，該特性曲线振幅愈高。

4. 現輸入 6 伏峯至峯交流電壓（用真空管伏表測量）至示波器水平輸入端，旋水平增益控制器，使横過銀幕水平光线濶度等於三吋（由透明簾格指出），每吋代表 2 伏峯至峯值，以後對於特性曲线任何一點之集極電壓，可沿着銀幕水平线之距離以求出之。

其次用0.6伏峯至峯壓輸至垂直輸入端，調節垂直增益控制器，使垂直偏移距離等於 3 吋，即表示垂直靈敏度每吋0.2伏，因曲线之垂直軸係代表電流，故必需將電壓值變成相當電流值。由圖3—34，可知輸入示波器垂直輸入端之電壓，係跨過100歐電阻R2間之電壓降，現假如方格幕指出垂直振幅爲0.4伏，則集極電流：

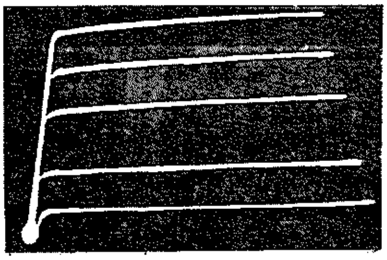
$$Ic=\frac{E}{R}=\frac{0.4}{100}=0.004\text{安}=4\text{毫安}。$$

當示波器之增益控制器位置固定後，在測驗過程中，切勿再移動之，否則，必須重新再次校準之。

5. 將每一固定基極電流所獲得之特性曲线，依次銜接連貫繪出其曲线組，如圖 3—37 所示。

6. 改用陰型（NPN）晶體管 2N213，並將電池 B1 及整流器之接线反轉，依照以上於法，求出 2N213之特性曲线組。

圖 3—37. 晶體管特性曲线組。



7. 將圖 3—34 之地射極電路，改裝爲地基極電路，並將電池接向倒轉，依照上法，求出不同射極電流之特性曲线組。

8. 若需用較大變化集極電壓，可將T1改用12.6或25伏變壓器。

實驗3——18　晶體管特性曲線測驗之二

目　　　的：

1. 用最簡單方法測驗晶體管之集極或輸出電極特性。
2. 用圖表繪製集極特性曲線。
3. 在特性曲線組上劃出加載線。

應 用 儀 器：

1　東南晶體管動電示教板 No. 12—(B)，全部裝置如圖 3—39 所示。
1　真空管伏表。
1　可變直流電能供給。

解　　　釋：

特性 (Characteristic) 這個名字，係用以表明晶體管各種不同電的性質及其數值；此項數值可用圖表，或用曲線以表示之。若特性數值係用曲線形式表示者，可由曲線中決定晶體管之性能及求出晶體管其他有關參數。

晶體管特性可分爲靜的特性 (Static Characteristics) 及動的特性 (Dynamic Characteristics) 。靜的特性係用直流電壓輸至晶體管各電極所獲得；動的特性則用一交流電壓輸至一電極，其他電極依然維持在不同直流電壓上所獲得。因比，動的特性係表明晶體管在真實工作情況下之功能。

從各廠家印行之晶體管資料 (如 RCA Transistor Manual) ， 係包括電極特性曲線 (Electrode Characteristic Curves) 及互變特性曲線 (Transfer Characteristic Curves) 在内。因晶體管供作放大器時，多用地射極電路，故集極特性曲線 (Collector Characteristic Curves) 亦較爲普遍採用。固定基極電流 (Ib) 在各不同數值上，測量集對射極之變化電壓 △Vce 及相對集極變化電流 △Ic ，並可獲得集極特性曲線。將每一固定基極電流之 △Ic—△Vce 特性曲線聯合繪在一圖表内，並可獲得集極特性曲線組，如圖3—37 及 3—38所示。

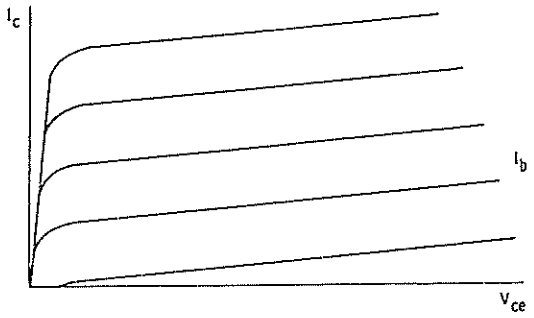


圖 3—38. 集極特性曲線組

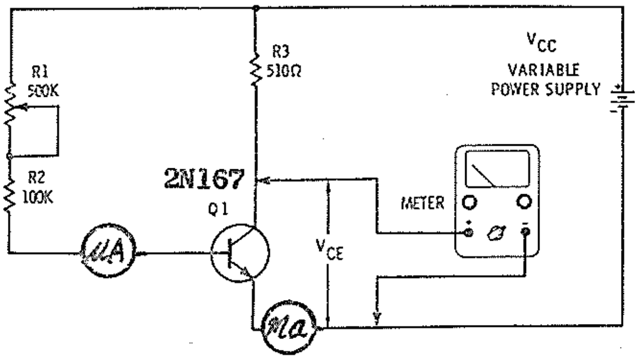


圖 3—39. 東南晶體管動電示教板 No. 12—(B) 之電路——晶體管特性曲線測驗的裝置

實 驗 程 序：

第一步集極加載阻R3等于510歐

1. 小心研究圖 3—39 之陰型晶體管地射極之工作電路。
2. 調節直流電能供給至 8 伏。

3. 用真空管伏表跨過R2，調節R1使電表指在1.5伏上，此即表示通過R2之基極電流Ib等于15微安，可用下式証明之：

$$Ib=\frac{R2}{E2}=\frac{1.5}{100000}=15\text{微安}$$

4. 用真空管伏表測量集對射極間電壓Vce等于7.2伏，並用下式求出集極電流Ic之值：

$$Ic=\frac{Vcc—Vce}{R3}=\frac{8—7.2}{510}=1.6\text{毫安}$$

5. 調節Ib至30微安，測量Vce及求出Ic之值。
6. 調節Ib至45微安，測量Vce及求出Ic之值。
7. 調節Ib至60微安，測量Vce及求出Ic之值。
8. 將以上所得記錄列入附表（一）第一項空格內。
9. 依照由（3）至（7）程序，改用微安表插入基極電路內，及用毫安表插入集極電路內，測量每次基極及集極電流，並將每項記錄列入附表（一）內作爲比較。

第二步集極加載R3等于1000歐

10. 依照由（2）至（9）程序測驗，並將記錄列入附表（一）第二項空格內。

第三步集極加載R3等于1510歐

11. 依照由（2）至（9）程序測驗，並將記錄列入附表（一）第三項空格內。

第四步集極加載R3等于2510歐

12. 依照由（2）至（9）程序測驗，並將記錄列入附表（一）第四項空格內。

第五步繪製特性曲線組

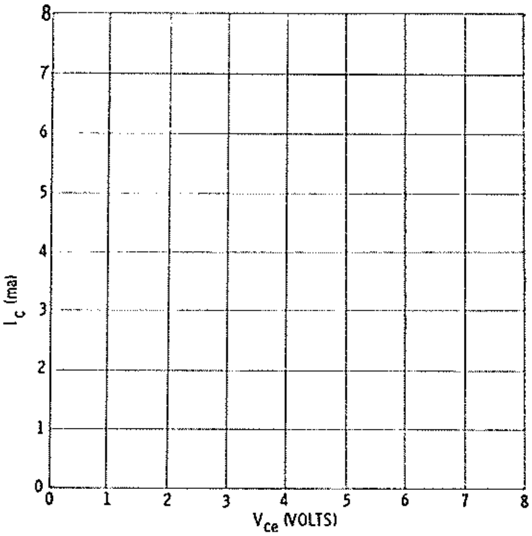
13. 將附表（一）全部數據記錄在附表（二）內，以橫（X）軸代表變化集對射極電壓Vce，以縱（Y）軸代表相對變化集流Ic，繪製每一固定基極電流Ib之集極特性曲線。

第六步劃上1000歐加載線

14. 在附表（二）Vce=8V，Ic=0及Vce=0V，Ic=Vcc/R3或8ma之兩點位置間劃一直線在特性曲線組上，此直線就係1000歐直流加載線（D–C Load Line），最佳線性放大之工作點，可選在加載線之中間位置上。

		I_B = 60 μa	45 μa	30 μa	15 μa
R3 = 510Ω		V_{ce} = I_c =			
1K		V_{ce} = I_c =			
1.51K		V_{ce} = I_c =			
2.51K		V_{ce} = I_c =			

附表(一)・對每一固定數值Ib，Vce及Ic之相對變化數值。



附表(二)・X軸代表Vce，Y軸代表Ic。

實驗 3——18A.　交直流式超外差接收機動電示教板電壓測驗

目　　的：

1. 認識交直流式超外差式接收機之工作原理。
2. 測量交直流式超外差接收機各級之工作電壓，並用電壓表記錄之。
3. 比較 1000 歐/伏及 20000 歐/伏萬用電表，及真空管伏表三種測量靈敏度。

應用器儀：

1 東南電子管式動電示教板 E. T. R. No. 2.
1 1,000 歐/伏 萬用電表。
1 2,0000歐/伏 萬用電表。
1 真空管伏表。
1 R. C. A. 接收電子管讀本。

解　　釋：

超外差式接收機工作大意

關於超外差式接收機之工作大意，現用圖 3—40 各簡圖以說明之。在圖 3—40內，(A)爲普通廣播電台發射調幅射頻信號簡圖，(B) 則爲調諧射頻放大式接收機 (Tuned Radio

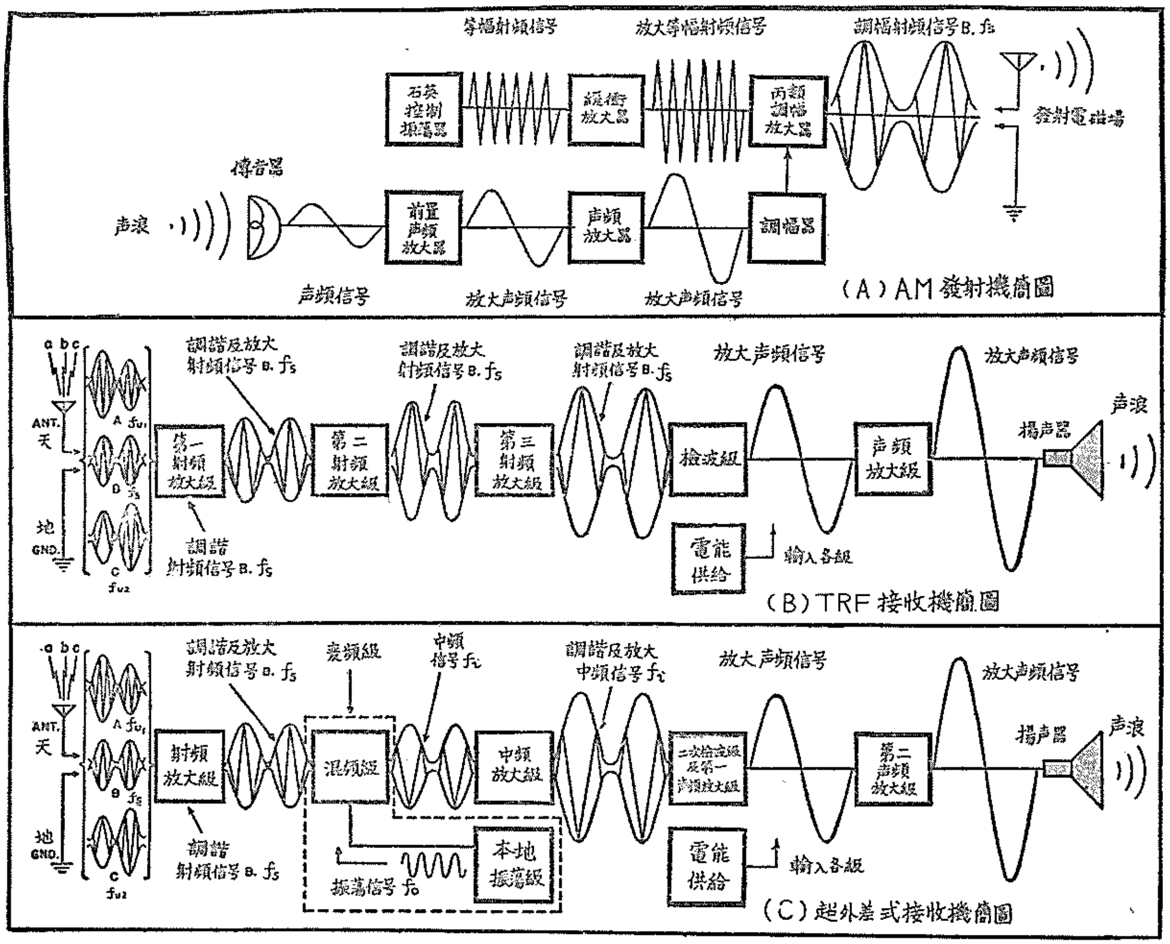


圖 3—40. 調幅射頻信號發射機，調諧射頻放大式接收機，及超外差式接收機三者之組織及其工作概況。各曲線波形，並非表示相位關係。

Frequency Amplifier Receiver or T.R.F.) 接收調幅射頻信號 (Modulated RF Signal) 之情形，此類機之組織系統如下：

1. 天線電路 (Antenna Circuit)
2. 前置選擇級 (Preselector Stage) 及第一射頻放大器 (1st RF Amplifier)，以後簡稱射放級。
3. 第二射放級 (2nd RF Stage)
4. 第三射放級 (3rd RF Stage)
5. 檢波級 (Detector Stage)
6. 第一聲頻放大級 (1st AF Amplifier)，以後簡稱聲放級 (AF Stage)
7. 第二聲放級或電功率聲頻放大級 (2nd AF Amplifier or Power AF Amplifier) 以後簡稱輸出級 (Output Stage)
8. 揚聲器 (Loudspeaker)
9. 電能供給 (Power Suppy)

圖 3—40—(C) 爲超外差式機接收調幅射頻信號情形，此類機組織系統如下：

1. 天線電路
2. 前置選擇級或射放級
3. 變頻級 (Converter)
   a. 混頻級 (Mixer Stage) 或稱第一檢波級 (1st Detector Stage)
   b. 本機振盪級 (Local Oscillator Stage)
4. 中頻放大級 (Intermediate Frequency Amplifier)，以後簡稱中放級(IF Stage)
5. 二次檢波級 (2nd Detector Stage)
6. 第一聲放級
7. 第二聲放級或輸出級
8. 揚聲器
9. 電能供給

現設有 A.B.C. 三個不同頻率廣播台所發出之調幅射頻信號 fu_1，fs 及 fu_2，到達接收天線。若用調諧射頻放大式機接收 B 台信號 (fs) 時，可旋轉四連共軸調諧容電器以調諧之。調諧射頻信號 (fs) 即由天線電路輸入第一射放級，經放大後輸入第二射放級，經放大後，再輸入第三射放級。每級之輸出信號電壓振幅，雖比輸入放大若干倍，但信號頻率及波形均相同，直至輸入檢波級後，才檢出聲頻信號。聲頻信號經聲放級放大後，然後輸至揚聲器音圈，以推動揚聲器紙盆產生聲音。故在調諧射放式機中，由天線電路至檢波級輸入電路間，均爲同一頻率之調諧調幅射頻信號 (fs)，由檢波級輸出路至揚聲器音圈間，均爲聲頻信號。

若用超外差式機同樣調諧所需電台 B 信號 (fs) 時，(fs) 即由天線電路輸入射放級，經放大後輸入混頻級。同時本機振盪級所產生之等幅射頻信號 (fo) 亦輸入混頻級內。此兩種頻率混合後即起差頻作用，產生所需之固定調幅中頻信號 (fi)。此調幅中頻信號輸入固定調諧中放級，經放大後輸入二次檢波級。被檢出之聲頻信號經聲放級放大後，輸

至揚聲器而成聲音。故在超外差式機中，實存有四種所需頻率信號，即：一爲天線電路至混頻級輸入路間之調諧調幅射頻信號；二爲本機振盪級至混頻級間之等幅射頻信號；三爲混頻級輸出電路至二次檢波級輸入電路間之調幅中頻信號；四爲二次檢波級輸出電路至揚聲器音圈間之聲頻信號。

超外差式機之調幅中頻信號，其頻率雖比電台之調幅射頻信號較低，但兩者所含高低旁帶 (Side Band) 頻率均相同。

超外差式機及調諧射放式機之電能供給部份，均可用 110—220 交流供電，其工作情形大致相同。

超外差式接收機性能

超外差式機所以如此流行，而爲無線電工程界所重視，皆因其性能優良及效率良好有以致之。所謂性能乃指接收機之靈敏度，選擇度，傳真度，及穩定度四大條件而言；茲將其意義分述于下：

(1) 靈敏度 (Sensitivity)

靈敏度乃用以測量接收機各級間放大增益之程度，即以一規定調幅射頻信號電壓輸入，而產生一標準聲頻電工率輸出，在工程學上，分別用微伏(Microvolts)及毫瓦(Milliwatts)或分貝 (Decibels) 爲計算之單位。當接收機調諧遠程微弱電台信號時，而能獲得滿意之聲音輸出，靈敏度則認爲優良。理想上接收機之靈敏度愈高愈佳，但實際上，因受信號對嘈音之比率所限制，若靈敏度太高超過某一限度時，由天電及其他電器所產生之嘈音干擾加烈，以致不能收音。

調諧射頻放大式機上之靈敏度，乃決于射放級之級數及輸入信號強度上。在無線電工程學上計算，普通在 600 千赫上，調諧射放式機每一射放級之增益爲 40—100，平均增益爲 70。超外差式機每一射放級增益爲 20—40，平均增益爲 30。當調諧射放式機接收微弱電台信號時，欲獲得滿意之靈敏度，勢將調諧射放級數增加。但因受裝置，隔離，及調整技術所限制，射放級數實不能隨意增加，故其靈敏度難符標準。

超外差式機因有變頻級及中放級之裝備，靈敏度問題可迎刃而解。變頻級乃由混頻級及本機振盪級所組成，新式五柵變頻管如 (6BE6, 6SA7) 則兼司混頻及振盪兩種工作。在通用電路上，本機振盪級所產生振盪信號電壓約 5—20V 間，輸入乙類放大式混頻級內，即與微弱電台射頻信號電壓混合，經差頻後所產生之中頻信號電壓振幅大爲增高。普通變頻級在 600 千赫上，其放大增益爲 60—80，平均增益爲 70。

中放級之輸入及輸出均用雙調諧耦合電路，其耦合阻抗極高，工作在比射頻較低之固定中頻 455 千赫上，每級放大增益爲 80—120，平均增益爲 100。由此可知超外差式機之靈敏度極爲優良，遠非調諧射放式機所及。

(2) 選擇度 (Selectivity)

接收機之選擇度含有兩種意義，即：(一)用以計算所需電台頻率對不需隣近波道頻率 (Adjacent channel frequency) 之分隔程度，以百分率表示之；(二) 用以測量調諧電路

抗阻比(Q-Factor, $Q=\frac{XL}{R}$)對諧振頻率範圍之互變關係，以响應曲線(Response curve)表示之。前者稱爲隣近波道選擇度（Adjacent channel selectivity），或稱算術式選擇度(Arithmatical selectivity)，其百分率差與調諧頻率成反比例變化，即頻率愈高，百分率差愈低，反之則百分率差愈高；後者稱爲調諧頻率範圍選擇度，乃與調諧頻率成正比例變化，即頻率愈高，抗阻比愈大，响應曲線頂愈尖，調諧範圍愈小，選擇度愈佳，反之，响應曲线頂部愈平，調諧範圍愈潤，選擇度則愈劣。上述兩種作用，常處相反地位，在廣播頻段之低端(550 千赫)，隣台波道選擇度百分率差較大，但响應曲線較平。在高端

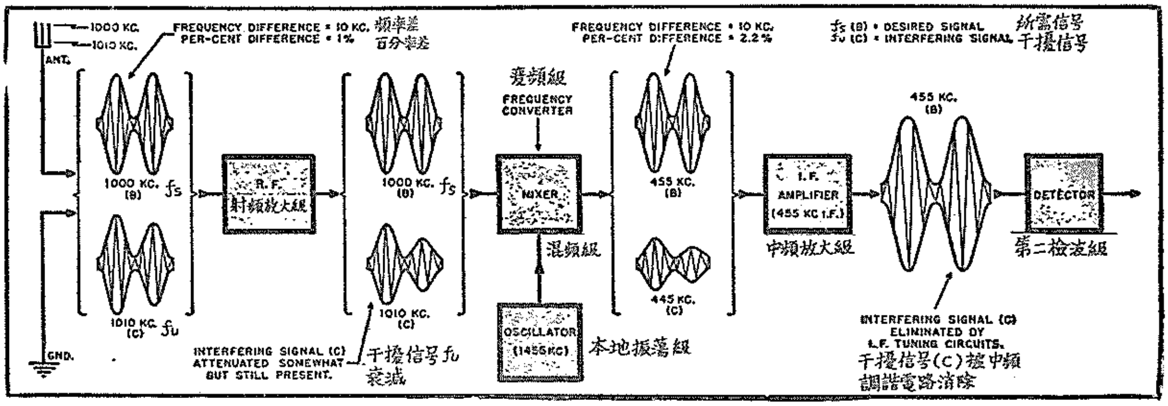


圖3—40A. 超外差式接收機之射頻及中頻調諧電路，對隣近波道頻率選擇度百分率之比較。

(1600千赫)時，百分率差較小，但响應曲線頂較尖。故在廣播頻段內，算術式選擇度受調諧範圍選擇度所緩衝，不致變動太劇。但此緩衝程度不能均勻，所以在廣播頻段高端，隣台干擾程度總比低端爲高。現先討論隣台波道選擇度計算法，至於响應曲線問題，留在下節再述之。

在正常廣播電台頻段內(560—1600千赫)，每一電台發射波道(Radio channel)爲10 千赫，與隣台之載波頻率(Carrier frequency)規定相隔 10 千赫，如圖 3—40B所示。例如A台載波爲990千赫，B台爲1000千赫，C台爲1010千赫，AB兩台相隔1000—990=10千赫，BC台相隔1010—1000=10千赫。故接收機調諧電路，從10千赫相隔之電台羣中選收信號時，要能夠削除任何隣台之干擾，其選擇度始符理想。射頻調諧電路之隣台波道選擇度，可用以下公式計算之：

設：　fs＝所需電台頻率(KHz).

fu＝干擾隣台頻率(KHz).

K＝選擇度　(%).

$$K=\frac{fu—fs}{fs}\times 100 \quad (當\ fu>fs) \quad (18A—1)$$

或：

$$K=\frac{fs—fu}{fs}\times 100 \quad (當\ fs>fu) \quad (18A—2)$$

例如：參考圖3—40A所示，當超外差式機調諧所需電台(B)之信號1000千赫時，干擾隣台(C)之信號爲1010千赫，求出射頻調諧電路之選擇度等于若干？

解：

$$K=\frac{fu—fs}{fs}\times 100=\frac{1010—1000}{1000}\times 100=1\%$$

同樣可計出當調諧550千週時，選擇度爲1.8%，調諧1500千赫時爲0.66%，餘則類推之。由此可證明調諧頻率愈高，百分率愈低。至于超外差式機中放級之中頻調諧電路選擇度，可用下式計算之：

設：

fi ＝所需中頻率（KHz）

fiu ＝干擾頻率（KHz）

K ＝選擇度（%）

$$K=\frac{fi—fiu}{fi}\times 100 \qquad (18A-3)$$

或：

$$K=\frac{fiu—fi}{fi}\times 100 \qquad (18A-4)$$

例如：在圖3—40A中，設超外差式機之固定中頻爲455千赫，當射頻電路調諧所需電台B信號1000千赫時，隣台C信號爲1010千赫，本機振盪頻率爲1455千赫(fo=fs+fi)，求出中頻調諧電路選擇度等于若干？

解：所需電台信號，及干擾電台信號同時輸入變頻級，經差頻後輸出所需中頻信號：

$$fi=1455—1000=455(KHz)$$

干擾信號：

$$fiu=1455—1010=445(KHz)$$

中頻調諧電路選擇度：

$$K=\frac{fi—fui}{fi}\times 100=\frac{10}{455}\times 100=2.2\%（大約）$$

由此證明當接收1000千赫信號時，在中頻調諧電路內，所需中頻與隣台干擾信號頻率，依然相隔10千赫，但其隣台波道選擇度，則此射頻電路約大2.2倍。

若所需中頻率愈低，選擇度亦愈大，設中頻率爲175千赫，百分率爲5.7%，130千赫爲7.7%，餘則類推之。

在射放級上，每級只得一個調諧電路，因調諧頻率常變，其選擇度不特低下，而且極不平穩。在中放級上，一級具有四個調諧電路，而共同工作于一個固定調諧中頻率上，其選擇度不特比射放級較高，而且極爲平穩，故對排除隣台之能力極大，此爲超外差式機之第二優點。

(3) 傳真度 (Fidelity)

傳真度乃指接收機由檢波級輸出之聲頻，對所調諧電台載波所含原來調幅聲頻之傳真程度。若兩者之波形及頻率愈相似，傳真度愈高，由揚聲器輸出之音調亦愈佳，否則，即成失真（Distortion）現象。

普通廣播電台所發射之調幅信號，乃由載波(Carrier wave)及兩旁帶波所組成。高旁帶等于載波加聲頻，低旁帶等于載波減聲頻；正常廣播所需聲頻最高爲5千赫，高傳真度廣播則常用10千赫。例如正常廣播電台之載波爲1000千赫，其所含旁帶頻率範圍爲995

至1005千赫，波道爲10千赫，如圖3—40B所示。高傳真度發射，其旁帶頻率範圍爲990至1010千赫，波道爲20千赫。

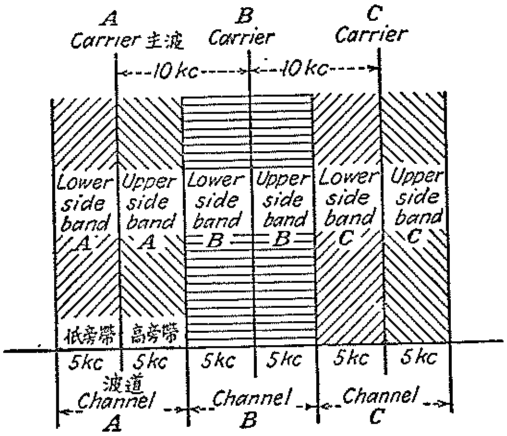


圖 3—40B. 廣播台之正常載波，旁帶及隣近波道之關係。

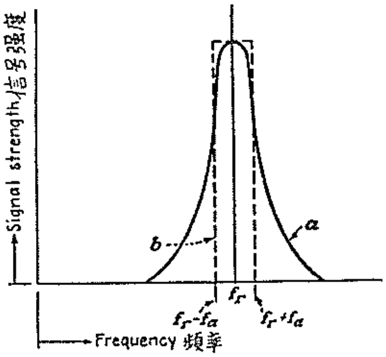


圖 3—40C. 實際及理想响應曲線之關係。(a)爲實際响應曲線，(b)爲理想响應曲線。

接收機調諧電路欲得回原來廣播信號，其响應曲線必要如圖 3—40C 之平頂(Flat top)直邊（Straight sides）形狀（如虛線 b 所示），其諧振範圍爲 10 千赫或 20 千赫，如此方能接收10千赫波道之正常廣播，或20千赫之高傳真度廣播信號。在實用上雖未能達到理想目的，但亦必須與此程度接近，然後能夠將傳真度增高。

調諧射放式機，因受裝置及調整技術所限制，每級間所用射頻變壓器均爲單調諧電路，即初級爲固定電感圈，次級爲可變容電量之調諧電路。當旋轉共軸容電器調諧所需電台信號時，調諧電路內之電感量對容電量比（L/C）隨所調諧頻率而變。因電感量固定，調諧頻率愈高，容電量愈小，$\frac{L}{C}$比率愈大，即使調諧電路內之抗阻比（$Q=\frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$）成正比例增大，選擇度亦隨之而增，响應曲線頂濶度可由 10 千赫縮至 8 千赫；因此廣播信號原來 5 千赫旁帶，只得回 4 千赫，在 4 至 5 千赫間聲頻，全部被削去而不能收聽，致使傳真度降低。而且調諧射放式機，爲要增高靈敏度及選擇度，調諧電路抗阻比只有設法加大，調諧頻率範圍因之縮小，對傳真度問題勢難兼顧。

超外差式機之中放級，乃採用頻段放大器(Band-pass amplifier)之設計。中頻變壓器均爲平頂式雙調諧或三調諧電路，所選用之頻率爲比射頻較低之固定調諧中頻率。因中頻率爲固定，調諧電路本身之抗阻比爲一常數，其响應曲線平頂始終保持大約10千赫諧振範圍，對原來廣播信號旁帶頻率能保留完整，在5千赫以下之聲頻均可收聽。新式超外差式機，更有採用可變選擇度(Variable selectivity)中頻變壓器，可以將調諧電路之响應曲線平頂濶度自由伸縮，以收聽 10 至 20 千赫高傳真度之廣播信號；又由于自動頻率控制電路(Automatic frequency control circuit)之輔助，對于本機振蕩頻率之不穩定及變頻跟踪之偏差，均能自動調整校準，對于傳真度之增進，更盡善盡美，此爲超外差機之第三優點。

(4) 穩定度 (Stability)

超外差式機變頻級之振蕩調諧電路，乃依三點同步跟踪法（或三點拉攏法）而設計，

在廣播頻段內，跟踪偏差不超過4千赫。例如同步跟踪時產生之所需中頻爲455千赫，最大偏差爲459或451千赫。因中頻變壓器平頂响應曲線諧振範圍爲10千赫，對于4千赫偏差之中頻率通過影响較微。故在整個頻段內，固定中頻變化極小，調諧電路之抗阻比約爲常數，中放級放大增益極爲穩定。

普通射頻調諧電路，均用共軸可變容電器之一組，跨接于固定電感量線圈間而成。當旋轉容電器調諧電台信號時，L/C比率變動，其效果除選擇度隨之而變外，更使靈敏度不能保持平穩。因調諧電路L/C變動，抗阻比亦隨之而變，調諧頻率愈高，抗阻比愈大，放大增益亦愈大，反之則放大增益愈低。因在調諧射放級上，須要避免形成調屏調柵振蕩器之作用，射頻變壓器均用單調諧式，其初級阻抗，耦合阻抗，及次級抗阻比等，均隨調諧頻率高低而變化，對放大增益更不穩定。但在中放級上，因中頻變壓器爲固定雙調諧式，調諧中頻率固定不變，調諧電路各常數不變，在任何接收頻段內，放大增益可保持平穩，此爲超外差機之第四優點。

以上爲超外差式機獨有之優秀性能，其餘如裝置簡易，體積細小，成本經濟等條件，對無線電技術上，亦有偉大之貢獻。

靜　電　測　驗　法

靜電測驗法，乃基于一般超外差式接收機之工作原理，測量各級工作電壓及各另件阻力，是否符合正常記錄，從中找尋其故障來源，以便更換損壞之另件。例如輸出級屏極濾波容電器短路，可使屏壓爲零，B＋降低；第一聲放級屏加載電阻開路，可用伏表測出屏壓爲零，或用歐表測出電阻中斷。靜電測驗法最大缺點，係不能測出振蕩，失調，失真，及嘈音等故障來源。

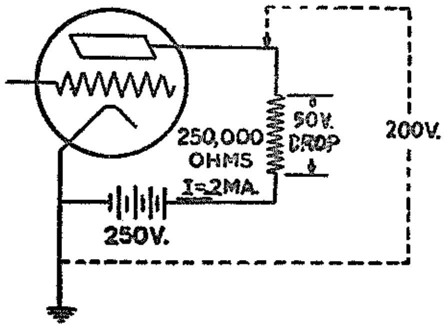
1. 點與點間電壓測驗

將接收機電源開關閉合後，即觀察：各電子管絲極及指示燈發光否？整流管閃藍光或屏極發紅否？輸出管簾柵發紅否？電源變壓器過熱或燃燒否？若用手指觸在第一聲放級柵極上，有交流聲發出之後，即可開始進行電壓測驗之工作。

歐美各廠家所印行之接收機修理圖表，均列明各級電子管之正常工作電壓及阻力之數值，並規定用某種靈敏度伏表測量者。故測驗時，須用相同靈敏度伏表，所得讀數變化與表列者相差在加或減20％以內，並算正確。

開始測驗時，先將响度控制器旋至最大（或最小），將調諧容電器旋至無信號輸入位置上（入盡或出盡）。將萬用電表範圍選擇開關旋在600伏以上電壓範圍，將黑試棒接在B—（或底板）上，用紅試棒觸在各電子管座針上，測驗次序：電能供給——輸出級——第一聲放級——二次檢波級——中放級——變頻級——射放級——控制電路。

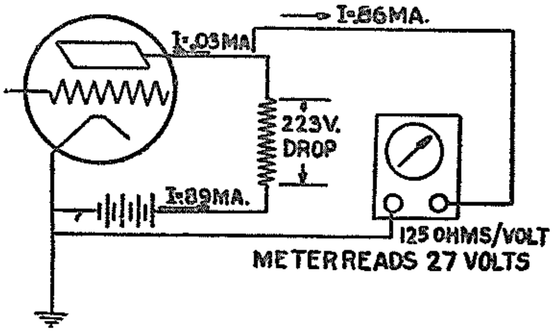
電壓測驗所用伏表之靈敏度至爲重要，因伏表係跨接于待測電路上，而成一分流電路，通過待測電路之電流及其電壓降將隨之而減。若伏表內阻愈小，分流愈大，跨過待測電路之電壓降及伏表之讀數亦愈低。現用電子管屏壓及屏流變化情形以說明之：如圖3—40C所示，電子管屏阻約1兆歐，加載阻力0.25兆歐，B＋250伏，正常屏流0.2毫安，加載阻力電壓降50伏，及正常屏壓200伏。



(A)正　常　屏　壓＝200伏

正　常　屏　流＝0.2毫安

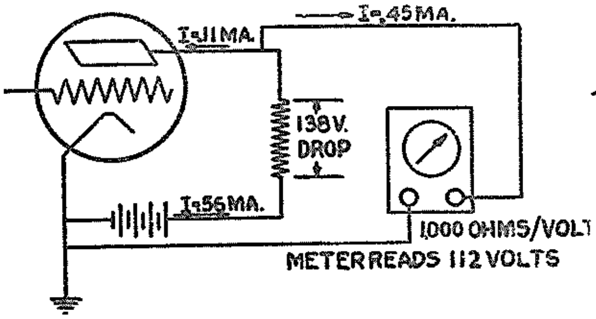
正常屏路總阻力＝1.25兆歐



(B)用125歐／伏之伏表測量結果：

屏　　壓＝ 27 伏

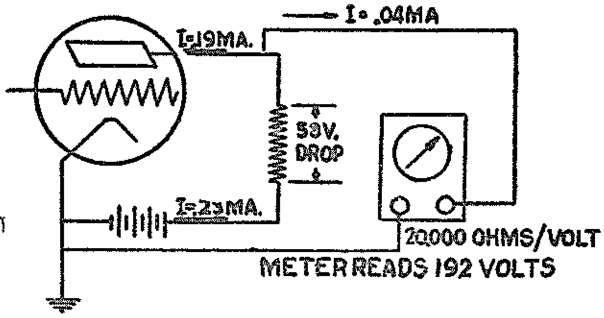
屏　　流＝0.03毫安



(C)用1000歐／伏之伏表測量結果：

屏　　壓＝112伏

屏　　流＝0.11毫安



(D)用20000歐／伏之伏測量結果：

屏　　壓＝192伏

屏　　流＝0.19毫安

圖3—40C. 三種不同靈敏度伏表，均用250伏範圍，跨過屏陰間測量屏壓之比較。

若用125歐/伏及250伏範圍伏表，跨接于屏陰間測量屏壓時(如圖3—40C-B所示)，伏表內阻250×125＝31250歐即與屏阻1兆歐並連，其並連總阻力約等於30303歐。此時屏路總阻力變成30303與250000串連，約等於280303歐，通過加載電阻電流約增至0.89毫安，屏流降至0.03毫安，通過伏表之分流爲0.86毫安，伏表之讀數等于27伏，亦即係所測之屏壓數值。若用1000歐／伏及250伏範圍伏表跨過屏陰間測量時，所得之讀數爲112伏，如圖3—40C(C)所示。若用20000歐／伏及250範圍之伏表測量時，所指讀數爲192伏，如圖3—40C(D)所示。由上述之比較，可知伏表之靈敏度或歐／伏數值愈高，所得測量結果愈準確。一般修理圖表內所規定靈敏度，以1000歐／伏，20000歐／伏，及

真空管伏表三種最爲普遍。

圖3—40 D 爲 Montgomery Ward 廠 54 BR-1505A 及 54 BR-1506A 型，廣播頻段五管交直流超外差式接收機修理圖表，各管正常工作電壓已列明在中部電壓表內，並提示：（一）用 1000 歐 / 伏之伏表測量；（二）各直流電壓乃跨接各管座針與 B—間測量；（三）交流電壓乃跨過各管座絲極插針間測量；（四）交流電源電壓爲 117 伏；（五）旋响度控制器至最大輸出。

圖3—40 E 爲 Emerson 廠 581, 594, 595, 各型接收機圖表，內有電壓及阻力表，並提示：（一）除另訂外，所有直流電壓讀數爲伏，阻力爲歐；（二）全部用真空管電壓表測量；（三）管座接法如底視圖所示；（四）除另訂外測量數值均由管座針至 B—；（五）交流電源電壓規定 117 伏；（六）由於另件正常容差率所影响，電壓及阻力讀數變化爲加或減 15 %；（七）電壓測量時，無信號輸入，响度控制旋至最大。

接收機不能收音，第一步要測驗電能供給短路故障。將電源插頭移開，用歐表跨過整流管陰極或絲極至 B— 或底板間，若阻力低過電解質容電器正常漏電數值（1—50 兆歐）或低過分壓阻（若用時）及洩放阻之數值，即表示 B+與 B—短路。分次將各電子管移出管座，若歐讀數保持不變，證明各電子管無短路。但須留意，電子管有時要熱至相當時間始行短路，在冷管內不能測出者。

其次測驗電能供給濾波容電器。將輸入容電器正極接線釺開，若 B+ 依然短路，證明此容電器良好，即釺回接線。同樣逐步測驗其他容電器，若有損壞，即用數值及耐壓相同之良好容電器更換之，但須注意其極向接法。

若濾波容電器無短路，可檢查線路上與 B+相接部份。如濾波扼流圈，尤其是揚聲器磁場線圈用作扼流圈時，可能與 B—短路。分壓阻及洩放阻可能短路。B+接線柱及接線亦可能短路。總之，若發現短路時，必須修妥後，方可着手作進一步之測驗。

若電能供給並無短路，而 B+ 依然等於零，可檢驗整流管是否失效，或管座接線開路。若有電源變壓器，可測整流管管座每屏插針至 B—或底板間之阻力，亦即變壓器高壓中間分接次級線捲每邊之阻力，若兩者相差在 50 歐以上，證明次級捲有毛病，若指針不動，證明開路。其次跨過電源插頭兩插條（插頭已移開電源），將開關閉合，測量初級捲阻力。初級捲係與電源開關，及保險絲串連，正常電阻約 5—30 歐間（110—220伏），若阻力超過 50 歐，證明有毛病，若無記錄，證明開路。

電能供給級含有危險性之短路故障移去後，即可進行測驗之步驟。將各電子管插回管座上，依修理圖表所提示，調節各控制器，接上電源，閉合開關，測量交流電源輸入電壓，並記錄之。

其次測量燈絲電壓，在交流接收機內，各燈絲均並連供電，若無絲壓，皆因初級電路開路，絲壓線捲開路，或燈絲電路短路。此類短路，可使變壓器燃燒，即將全部電子管移開再測一次。若依然無絲壓，可將電源插頭移開，用歐表測驗絲極電路之阻力，是否開路或短路。

在交直流接收機中，各絲極均串連供電，並與降壓電阻，安定阻力管(Ballast tube)，電源接線電阻（Line-cord resistors），及指示燈（Pilot lamp）等串連。若燈絲電路開路

MONTGOMERY WARD

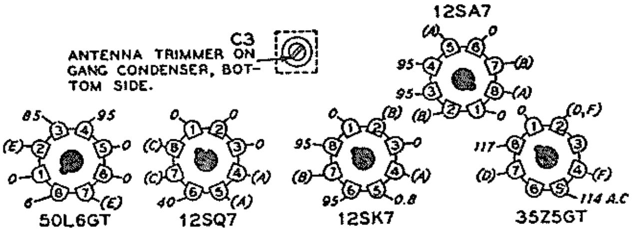
MODEL 54BR-1505A
MODEL 54BR-1506A

- Volume control setting—Maximum (extreme clockwise) for all adjustments.
- Connect ground lead of signal generator to B— of radio chassis through a 0.1 mfd. condenser.
- The loop antenna should be connected to the radio and in its proper position when making all adjustments.

ALIGNMENT	Signal Generator Frequency Setting	Dummy Antenna	Connection to Radio	Variable Condenser Setting	Trimmer Adjusted to Maximum
I. F.	455 Kc.	1 mfd.	Grid of 12SK7 I. F	Rotor full open (Plates out of mesh)	Two trimmers on top of Output I. F.
	455 Kc.	1 mfd.	Grid of 12SA7 Mixer	Rotor full open (Plates out of mesh)	Two trimmers on top of Input I. F
BROADCAST	1600 Kc.	200 mmf.	Grid of 12SA7	Rotor full open (Plates out of mesh)	B.C. Osc. trimmer C2 on Gang
	1400 Kc	200 mmf.	External Antenna and B—	Set Dial at 1400 K. C	B.C. Ant. trimmer C3 under Gang

A-CANNOT BE MEASURED BY VOLTMETER
B-11 VOLTS A.C. ACROSS PINS 2 AND 7
C-11 VOLTS A.C. ACROSS PINS 7 AND 8
D-33 VOLTS A.C ACROSS PINS 2 AND 7
E-48 VOLTS A.C. ACROSS PINS 2 AND 7
F-117 VOLTS A.C. ACROSS PINS 2 AND 4

ALL VOLTAGES MEASURED WITH A 1000-OHMS/VOLT VOLTMETER BETWEEN TERMINAL INDICATED AND B— LINE VOLTAGE 117 VOLTS A.C.



BOTTOM VIEW OF CHASSIS

CONDENSERS

C1	.2 x 400 volt tubular condenser...........
C4	.0002 mica type condenser, 20% ....
C5, C7	.05 x 200 volt tubular condenser........
C6	.1 x 400 volt tubular condenser.........
C8	.0001 mica type condenser, 20%.........
C9	.002 x 600 volt tubular condenser.......
C10	.00025 mica type condenser, 20%......
C11	.004 x 600 volt tubular condenser.......
C12, C13	Electrolytic filter condenser, 50 to 60 cycles, 20 mfd.—40 mfd. x 150 volts
C12, C13	Electrolytic filter condenser, 25 cycles, 40 mfd.—60 mfd. x 150 volts ....
C14	.02 x 400 volt tubular condenser.........

RESISTORS*

R1	1,000 ohm, ½ watt resistor, 20%.......
R2	47,000 ohm, ½ watt resistor, 10%.....
R3	220,000 ohm, ½ watt resistor, 20%....
R4	47 ohm, ½ watt resistor, 10%.........
R5	3.3 megohm, ½ watt resistor, 20%.....
R6	22 ohm, ½ watt resistor, 10%...... .....
R8	4.7 megohm, ½ watt resistor, 20%.....
R9	470,000 ohm, ½ watt resistor, 20%....
R10	680,000 ohm, ½ watt resistor, 20%....
R11	150 ohm, ½ watt resistor, 10%.........
R12	1200 ohm, 1 watt resistor, 10%..........
R13	33 ohm, 1 watt resistor, 20%...........

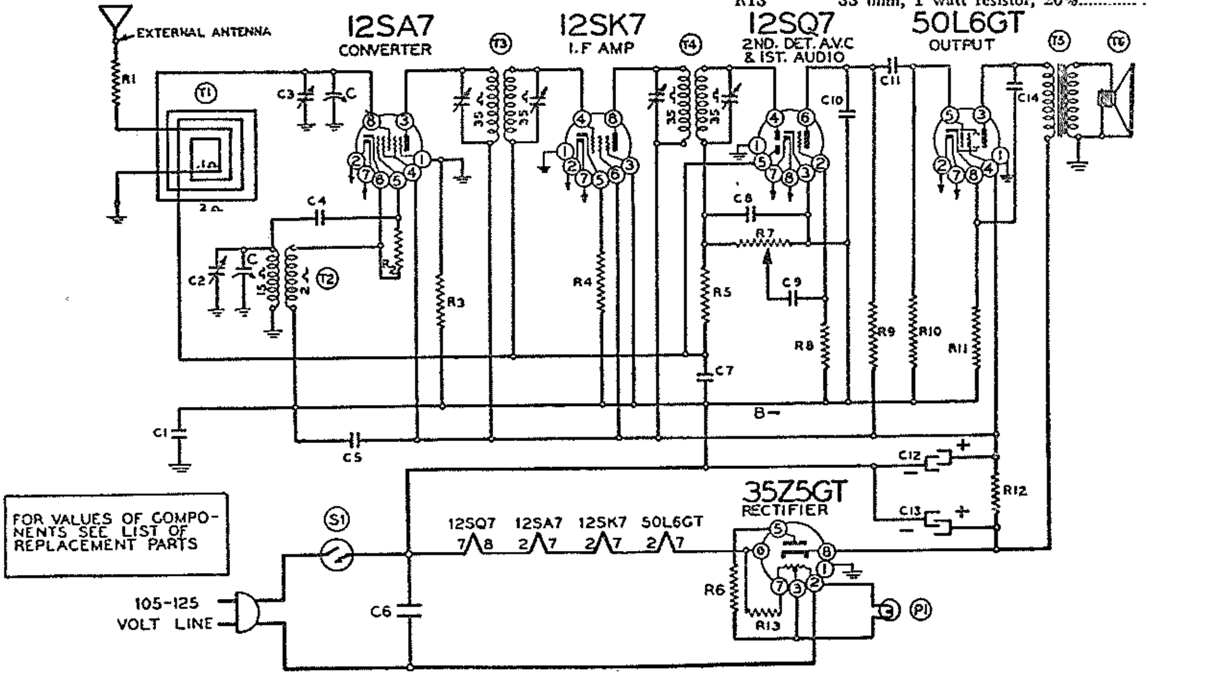
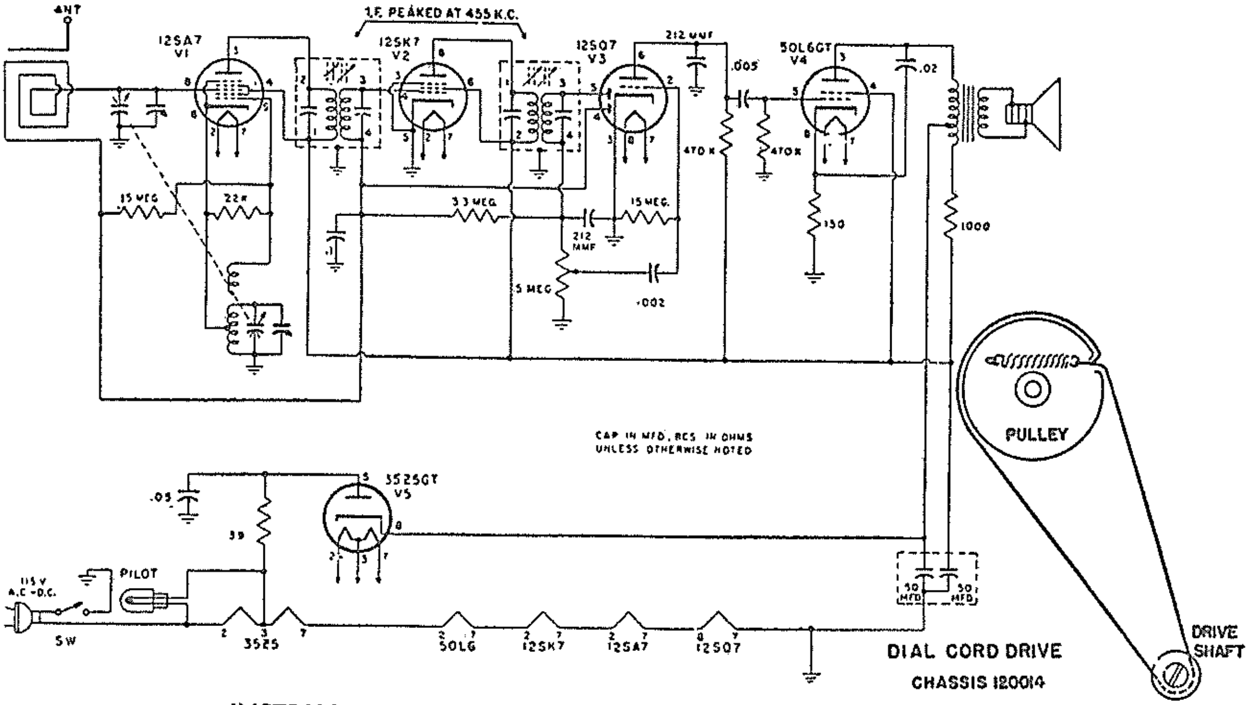


圖 3—40D. Montgomery Ward 廠 55 BR—1505 A 型接收機修理圖表

Emerson Radio

MODELS: 581, 594, 595

CHASSIS MODELS: 120014A, 120071A



INSTRUCTIONS FOR VOLTAGE AND RESISTANCE READINGS

1. Voltage readings are in d.c. volts and resistance readings in ohms unless otherwise specified.
2. All measurements made with voltohmyst.
3. Socket connections are shown as bottom views.
4. Measured values are from socket pin to common negative, unless otherwise specified.
5. Line voltage maintained at 117 volts for voltage readings.
6. Nominal tolerance on component values makes possible a variation of ± 15% in voltage and resistance readings.
7. Volume control at maximum with no signal applied, for voltage measurements.

VOLTAGE READINGS

SYMBOL	TUBE	PIN 1	PIN 2	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 6	PIN 7	PIN 8
V1	12SA7GT	0	24 AC	95	95	-13	0	12 AC	-2
V2	12SK7GT	0	36 AC	0	-2	0	95	24 AC	95
V3	12SQ7GT	0	-1	0	-2	-.5	55	0	12 AC
V4	50L6GT	NC	90 AC	110	95	0	NC	36 AC	6
V5	35Z5GT	NC	117 AC	112 AC	114	110 AC	NC	90 AC	114

RESISTANCE READINGS

SYMBOL	TUBE	PIN 1	PIN 2	PIN 3	PIN 4	PIN 5	PIN 6	PIN 7	PIN 8
V1	12SA7GT	0	48	1K*	1K*	24K	0	32	3 Meg.
V2	12SK7GT	0	60	0	3 Meg.	0	1K*	48	1K*
V3	12SQ7GT	0	15 Meg.	0	3 Meg.	.5 Meg.	540K*	0	32
V4	50L6GT	NC	110	160*	900*	.5 Meg.	NC	60	150
V5	35Z5GT	NC	148	145	0*	190	NC	110	0*

NC = no connection; K = kilohm; Meg. = megohm.
* Readings taken to pin 8 of V5.

圖 3—40 E. Emerson 廠 581, 594, 595 型交直流接收機修理圖表，包括線路圖，電壓表，阻力表，及用真空管電壓表測量。

，電流中斷，全部電子管不光或不熱，可移開電源插頭，用歐表之一試棒接在一插條上，閉合開關，將另一試棒依次觸在絲極串連電路各點，作普遍連續測驗（Continuity test）並可發現開路位置。若其他各管發光，只有一管不光，證明該管絲極短路，即須更換之。

其次測驗電能供給輸出電壓是否正常，可用伏表分別跨過整流管陰極或燈絲，及濾波器輸出與底板（B—）間測量之。茲將電能供給之正常電壓，表列於下：

測驗點	交流機	交直流機
整流管絲極間	5 伏交流	32— 35 伏交直流
跨過其他各管絲極間	6 伏交流	12— 50 伏交直流
整流管屏至底板（B—）	250—380 伏交流	117 伏交直流
整流管陰或絲極至底板（B—）	265—400 伏直流	110—120 伏直流
B+至底板（B—）	200—300 伏直流	85— 95 伏直流
簾至底板	90—100 伏直流	85— 95 伏直流

若整流管輸出電壓正常，而濾波器輸出電壓 B+為零時，證明扼流圈開路。若 B+太低，可證明濾波容電器過量漏電。若電能供給工作已正常，可依次測驗各級電子管各極工作電壓，所得讀數若與修理圖表之記錄相差在士 15％ 至士 20％ 內並算滿意。若某級電壓太低時，可查出該級發生故障。例如在串連電路中，有一另件中斷時即成開路，電壓降爲零。若一另件短路時，總電阻減少，電壓降亦減低。在並連電路內，其中一另件短路，可使電壓降爲零，若開路時，電壓降即升高。故讀者必須對接收機線路圖詳細分析，認明各部另件之功能與正確數值，若有懷疑時，即要釬開測驗之。

容電器開路之檢查，用電壓測驗法較爲困難，但可用觀察法，另件代替法，阻力測驗法，或容電器測驗器以驗出之。當懷疑某一旁路容電器開路時，可用一良好同值容電器跨過試之，或釬開用高阻歐表或容電器測驗器試之。容電器短路則易于測驗，例如輸出管屏濾波容電器短路時，屏壓爲零；第一聲放與輸出級間耦合容電器短路時，輸出管柵壓即變正。

接收機有兩種電路不能用電壓測驗法：（一）天線變壓器之初級電路，若開路時可改用歐表測出，若只有數圈短路，阻力相差太微，亦難測出，最好將天線直接觸在第一管（射放級或變頻級）信號輸入柵上，若响度增高，證明初級線圈短路；（二）揚聲器之音圈或輸出變壓器之次級，若有懷疑時，可釬開用歐表分別測驗之。

2. 點與點間阻力測驗

用阻力測驗時，先將電源插頭及全部電子管移開，使接收機變成純阻力系統；待全機冷却，直至與室內溫度相等時，然後用歐表測驗之。此法之缺點乃不能啓示電感及容電耦合之反饋現象。爲節省時間起見，可先將接收電路內，指定某一位置爲共同參考點，然後依次測驗各主要電路對該參考點間之阻力。若電路內之另件性質，正常阻力數值，及電路特性（如串連，並連，或串並連等）已認識清楚，並可計算其總阻力之數值，再用歐表之真實讀數校驗之，如不正確，證明該電路可能有一兩件另件損壞，即分別釬開，測量其阻力。

在接收機電路內，常以底板（或 B—），或整流管陰極爲阻力測驗之共同參考點。若

以 B—爲參考點，測驗時，黑試棒接在 B—上，若以整流管陰極爲參考點，則用紅試棒接在陰極上。手握另一試棒（紅或黑），依次序觸在各電子管座針上。若修理圖表具有阻力記錄表時，必指明參考點與各管座插針間之正常阻力數值，測驗較爲容易。若無阻力表，每點間阻力必須計算之。圖 3—40 E 修理圖表內，阻力記錄表所用參考點有二：即 B—及整流管之陰極，正常容差率在士 15 % 內，若所得之歐讀數偏差超出此限度以外，證明電阻損壞。

圖 3—40 D 電路內各線圈均標明阻力數值。圖 3—40 E 各線圈阻力亦可用低阻歐表測量之。因線圈之電感量十分準確，其阻力之容差率常保持在最低限度內。如聲頻線圈阻力容差率在 1 及 3 % 間，射頻及中頻線圈則在 1 % 以下。測量時，必須先將並連另件釬開，然後用低阻歐表跨過線圈兩端，始得準確讀數。

若電路內含有電解質容電器，測驗常有偏差。因電解質容電器之特性，當直流由正向通過時其阻力極高（1—50 兆歐）由負向通過則極低。一般歐表正向紅試棒乃與表內電池正極相接，必須觸在電解質容電器之正極上，始可獲得正確讀數。若試棒方向倒轉，容電器即成短路作用。當測驗與電解質容電器並連之電阻，若發現短路時，可將試棒調轉再試之。若短路不見，證明歐表本身接法錯誤。

若接收機經長期間停用，電解質容電器片上所結成之介質薄膜，自然逐漸退化，而成過量漏電，會將並連電阻數值抵消。直至接收機再用時，可望由正常容電器充電作用，將薄膜復原（對整流管有危害）。爲免除上述偏差現象，必須將所有並連電解質容電器或其他另件釬開，然後個別測驗之。

當測驗開始時，因全機各另件均已冷卻，其數值不會受溫度變化影响而變化，故歐表所得之讀數極爲準確。可先用觀察方法檢查，若發現有由于過載而產生水泡及發焦之電阻，即須更換之，因此類電阻在工作時即呈變態而至損壞，亦可證明該電路有短路之可能。

之後，依照修理圖表之提示，將响度控制器旋至指定位置上（最大或最小）。黑試棒接在 B—參考點，或紅試棒接在整流管陰極參考點，所餘一試棒（紅或黑）依阻力測驗法之次序，先後觸在各管座插針上，並記錄每點間之阻力讀數。若與表列或與計出數值相差甚大時，即表示該電路發生障碍。可將各另件釬開分別測驗，若有損壞，即須更換之，並將電路釬回。

全部管座針至參考點間電阻測完後，其次要測量天線變壓器初級圈及揚聲器音圈回路之阻力。有些接收機天線變壓器初級捲，不接在 B—或底板上，而另接在地線接線柱上，此點應隨時注意之。測音圈時，須將音圈與輸出變壓器次級捲釬開，試完即要接回。

有些交流機乃採用直熱式輸出管，其燈絲間常跨接一中間分接電阻，測量時亦要將電阻釬開。交直流機燈絲回路電阻，可用試棒跨過電源插頭(已移開電源)之兩插條間，將電源開關閉合，若記錄反常，再由插條一端起，依次測量之，並可發現開路或短路之位置。

交流機全部阻力測量妥當後，即揷上電源，用交流伏表測量電源變壓器各級電壓，若其讀數比有加載時稍高，並算滿意。否則即移去電源，測量初次級短路或開路。其次插回全部電子管，將開關閉合，經二三分鐘後，再用伏表校驗各級工作電壓。若記錄正常，可接上天線，旋調諧容電器收音。

基于以上所述，在實用上必須將電壓及阻力測驗法互相配合，始能提高靜電測驗法之

效率。在交流接收機中，若電源供給無短路時，可先用電壓測驗法。待發現某級工作電壓不正常時，再用阻力測驗，以尋出損壞另件更換之。若電源供給短路時，可先用阻力測驗法。又在交直流接收機中，若燈絲電路開路或整流管短路時，可先用阻力測驗法。若各管發光，整流管無短路現象，可先用電壓測驗法。總之，對修理技術之運用，必須體察當時實際情形，憑自己經驗以取決之。

電　路　分　析

圖3—40F爲東南電子管式動電示教板E. T. R. No. 2之實物電路，接收廣播頻段範圍550—1600千赫，中頻爲456千赫；以12SA7 (12BE6) 作變頻級，12SK7(12BA6)作中放級，12SQ7(12AV6)作二次檢波級兼自動响度控制及第一聲放級，50L6GT(50C5)作功率放大輸出級，35Z5GT(35W4)作半波整流級。濾波器用容電器輸入式，電動揚聲器之磁場線圈兼作濾波扼流圈。當外來1000千赫調幅射頻信號輸入變頻級時，即與1456千赫本機振蕩等幅射頻信號混合，經差頻後，產生所需456千赫調幅中頻信號輸入中放級，經放大後之中頻再輸入二次檢波級。檢波後之聲頻，經第一聲放級及輸出級放大後，輸至揚聲器而成聲音。

此類機爲串連燈絲式，各絲極均須順序串連，其總電壓則等於輸入交直流電源電壓約117伏，通過燈絲電路各點電流均等於0.15安。B—乃直接釬在底板上，切勿接上地線，以免意外。全機工作正常，測量時，不接天線，旋共軸調諧容電器至無信號輸入位置，旋响度控制器至最大。35Z5GT整流管陰極輸出電壓約在100—120VDC間，B+約85—95VDC間。每級各極間正常工作電壓可參考R. C. A.電子管讀本校核之。電表之運用，必須依照前節所述方法，先由最大範圍旋至所需範圍上。

實驗程序：

(1)將示教板全機線路圖用顏色符號繪製，並將各另件用表列上，說明其功能。

(2)將1,000歐/伏萬用電表之負線校驗夾接在B—上。

(3)除去天線，旋調諧容電器至無信號輸入位置，旋响度控制器至最大。

(4)將電源插頭插在117 VAC (DC)電源上，將電源開關閉合，注意觀察指示燈，35Z5GT，及50L6GT燈絲發光情況（其他爲金屬管不能觀察），並記錄之。

(5)經一二分鐘後，各管燈絲熱度已達正常，全機開始工作，用手指或用螺絲批觸在响度控制器高端，或12SQ7柵極上，即有“胡胡”交流聲由揚聲器發出。

(6)用手握紅試棒，依照靜電測驗法第(1)項所述次序，將各管座插針至B—間電壓測量，並記錄其數值。

(7)將黑校驗夾移開B—及接在12SA7第5針上。用紅試棒觸在B—，測量振蕩柵偏壓。又將黑校驗夾接在50L6GT第5針，紅試棒觸在第8針上，測量柵極偏壓，並將數值記錄之。

(8)用黑校驗夾接在12SQ7柵極上，紅試棒觸在B—，將其接觸偏壓記錄之。

(9)用紅黑試棒跨在每管絲極上，測量其絲壓，將數值記錄之。並用第(6)項所得數值校核之。

(10) 照(2)至(9)方法再測量一次。

(11) 改用 20,000 歐/伏萬用電表，依照程序 (2) 至 (9) 測量兩次，並用表記錄所得數值。

(12) 改用真空管伏表，依照程序 (2) 至 (9) 測量兩次，並用表記錄之。

(13) 將以上各項所得結果，用三份電壓表記錄之，(可參照圖 3—40E 之電壓表)。

(14) 用手觸在各管上，觀察其正常溫度。

(15) 將電源開關開路，移開電源插頭，實驗完畢。

(16) 將實驗結果作一報告書，並詳細討論之。

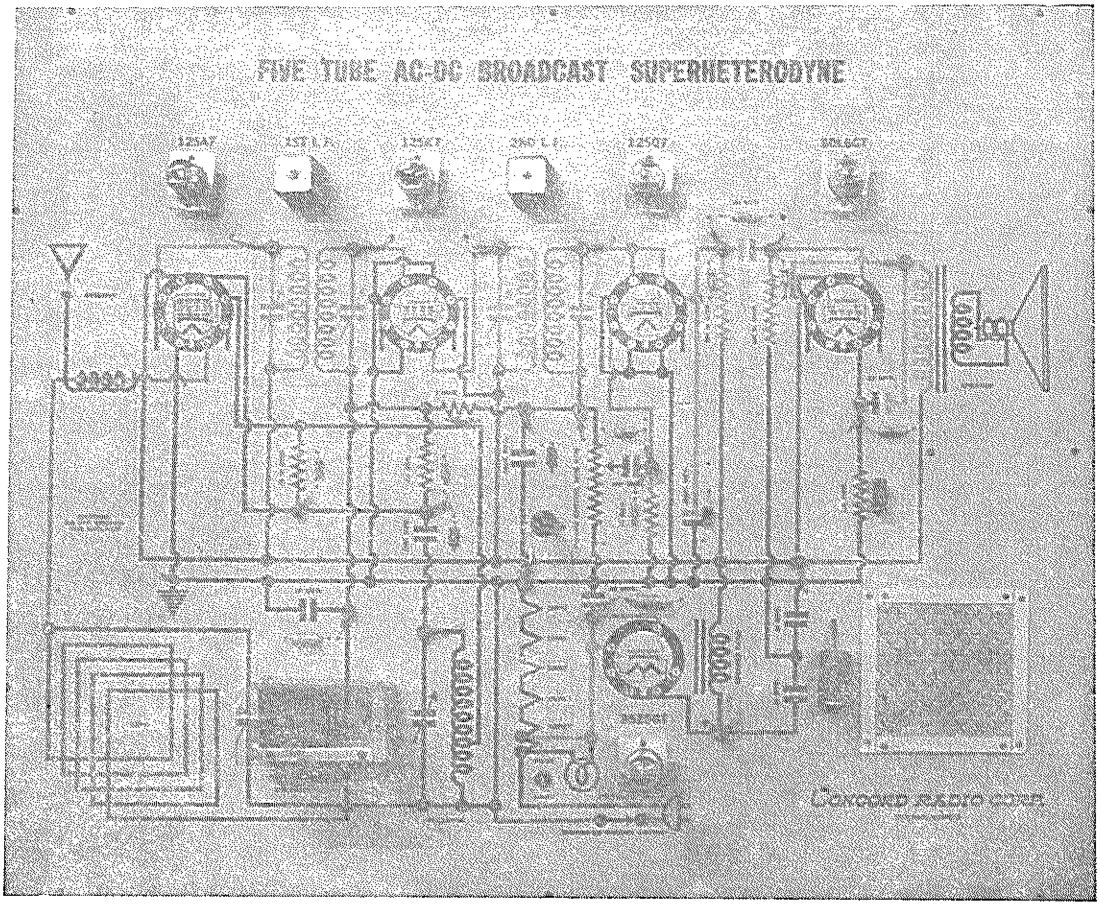


圖 3—40 F. 東南電子管式動電示教板 E. T. R. No. 2——交直流超外差式接收機電路。

討　　論：

(1) 若用117 VAC (DC) 電源，當電源開關閉合後之一瞬間指示燈突由最光而降至最暗，經過一短期間後，再由最暗達到正常光度，試述其工作原理。

(2) 若用降壓電阻線與絲路串連，跨接於200 VAC (DC) 電源上，當開關閉合後，是否有上述之現象發生？試述其理。

（3）用 1000 及 20000 歐 / 伏伏表測量 50L6GT 陰極至 B—間偏壓所得數值，何以幾乎相等？

（4）用 1000 及 20000 歐 / 伏伏表測量 50L6GT 柵陰間偏壓，及 12SQ7 屏至 B—間屏壓所得數值，何以相差頗大？

（5）用 1000 及 20000 歐 / 伏伏表測量 12SQ7 柵極接觸偏壓，何以指針不動？

（6）試述 12SA7 振盪柵自給偏壓之功能？

（7）若電表各直流範圍準確度爲士 3％ 當測量 12SK7 管屏壓，指針指在 300VDC 範圍 90V 讀數上，試求出屏壓之真實數值。

實驗 3——18B　交直流式超外差接收機動電示教板阻力測量

目　　的：

測量交直流式超外差接收機各級電路之阻力，並用阻力表記錄之。

應用儀器：

1　東南電子管式動電示教板 E. T. R. No. 2.

1　真空管伏表。

1　R. C. A. 接收電子管讀本。

實驗程序：

（1）將示教板電源開關開路，移開電源插頭。待全機冷卻後，將全部電子管移開管座。

（2）以B—（或底板）爲參考點，將電表之負線校驗夾接在該點上，選用所需阻力範圍，將紅試棒依照靜電測驗法第（2）項所述次序觸在各管座針上，測量各點間阻力。將所得數值用表記錄之（可參照圖 3—40E 之阻力表）

（3）以 35Z5GT 陰極作參考點，將電表之紅線校驗夾接在該點上，用黑試棒依次序觸在各管座針上，測量各點間阻力數值，並用表記錄之。

（4）將紅黑試棒跨過每一另件兩端，測量其電阻數值，並記錄之。

（5）將全部電子管插回管座上，實驗完畢。

（6）將實驗結果作一報告書，並詳細討論之。

討　　論：

（1）各電阻數值均用顏色符號標記，試將測量之歐讀數校核之，並計算其容差數值。

（2）何以電阻與電解容電器並連時所測得歐讀數不準確？試述其理。

（3）當用歐表之紅黑試棒跨接電解容電器正負兩端，指針突然依順時針方向擺至最大偏角，然後迅速依逆時針方向降回最小偏角上。若試棒方向倒轉，指針即指在某一讀數上不動，試述其理。

（4）何以射頻及中頻線圈之阻力容差率要規定在最低限度內？

(5)試述測量揚聲器音圈直流阻力之最準確方法。
(6)在開始測量全機阻力時，何以先要將B+短路一息間？
(7)測量輸出管陰極電阻，最妥善方法如何？

實驗 3——18C　交流式超外差接收機動電示教板電壓及阻力測量

目　　的：

1. 認識交流式超外差接收機之工作原理。
2. 測量交流式超外差接收機各級工作電壓及阻力，並用表記錄之。

應用儀器：

1 東南電子管動電示教板 E. T. R. No. 1.
1 真空管伏表。
1 R. C. A. 電子管讀本。

解　　釋：

東南電子管動電示教板 E. T. R. No. 1，爲七管交流超外差式接收機，其實物電路如圖 3—40G 所示。本機用 5Y3GT 作全波整流級，6V6GT 作功率放大輸出級，6SQ7 作第一聲放級兼二次檢波級及自動响度控制，6K7 作中放級，6A8 作變頻級，6K7 作射放級，及 6U5 / 6G5 作電子光調諧指示器。

接收廣播頻段爲 550—1600 千赫，所需中頻等于 455 千赫。濾波器採用容電器輸入式，用電動式揚聲器時，其電磁場可兼作濾波扼流圈。若用永久磁動力式揚聲器時，可改用一獨立扼流圈。

全機工作原理，除新加一調諧射頻放大級，電子光示器，及中頻陷波器外，其餘與東南電子管示教板 E. T. R. No. 2 相似。

實驗程序：

1. 用色筆將線路圖繪製，將另件用表列上，並說明其功能。
2. 用真空管伏表依次測量各級工作電壓，並用表記錄之。
3. 將電源插頭移開，將濾波容電器放電。以底板作參考點，將歐表之負試棒接在該點，將紅試棒依次觸在各管座之柵極，抑制柵，陰極，及供熱絲之插針上，測量各點間之阻力。
4. 以整流管陰極作參考點，接上歐表之紅試棒，將黑試棒依次觸在各管座之屏極，簾極及振盪陽柵之插針間，以測量各點間之阻力。
5. 將 3 及 4 兩項所得結果用表記錄之。
6. 將實驗結果作一報告書，並詳細討論之。

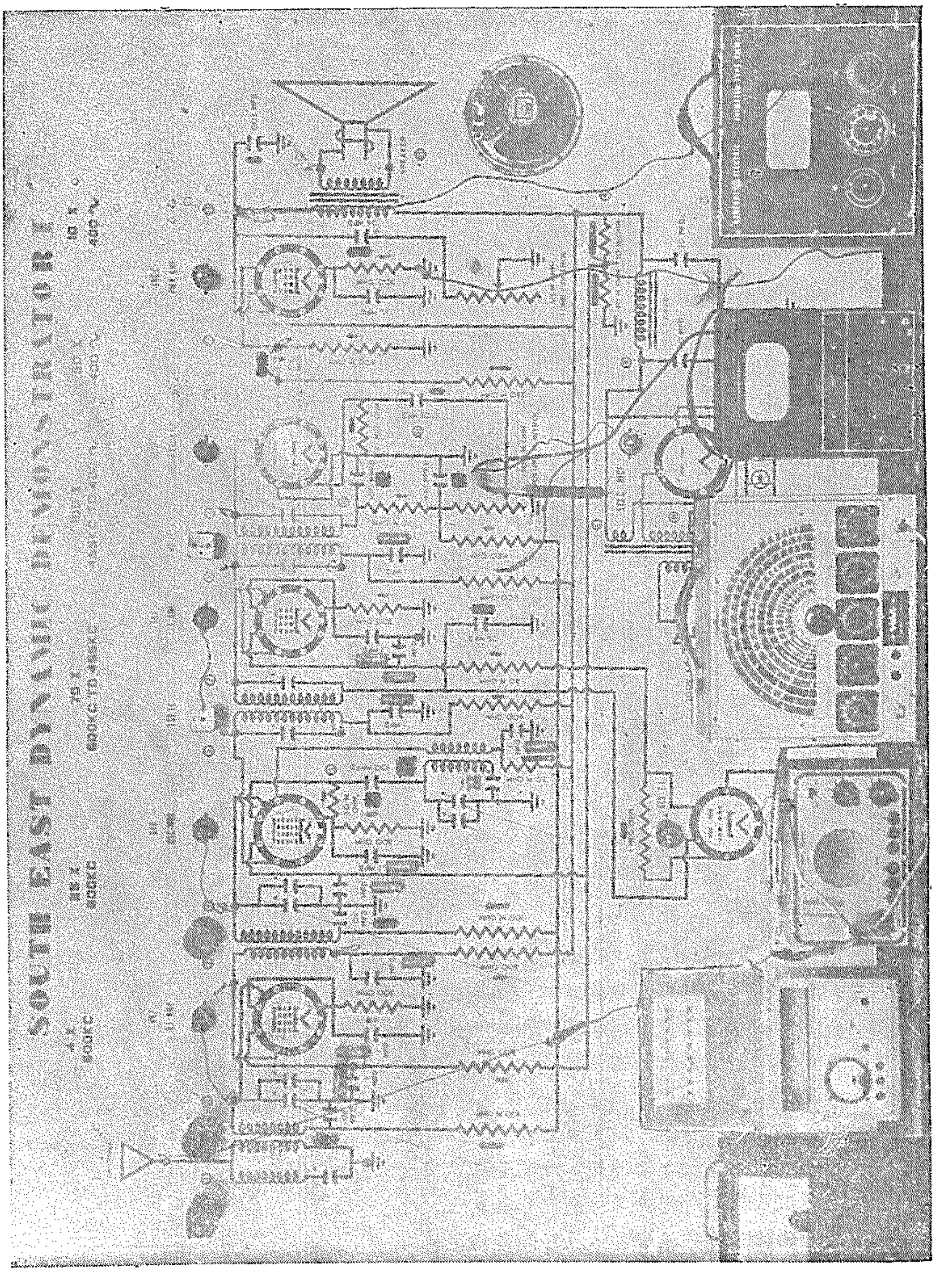


圖 3—40G.　東南電子管式動電示教板 E. T. R. No. 1——交流超外差式接收機電路

實驗 3——19　交流式接收機校驗之一

目的：

1. 將一部電子管式超外差接收機之中頻，變頻及射頻之調諧電路校驗在所需準確頻率上。
2. 調節度盆之同步跟踪頻率，以便獲得最高靈敏度。

應用儀器：

1　20,000歐/伏萬用電表，或電子管伏表。
1　調幅式信號產生器。
1　東南電子管式接收機動電示教板 E.T.R. No. 1。
1　校驗器。
1　R.C.A.電子管讀本。

解釋：

照圖 3—41 及圖 3—42 所示，可將一部超外差式接收機之校驗分為三部份：第一部份為中頻變壓器調諧電路；第二為本機振蕩器調諧電路；第三為射頻放大級及混頻級之調諧電路。在校驗時可順着（1），（2），（3）程序，將各級加以調節，其理由分述於下：

1. 中頻放大級之中頻變壓器，均為雙調諧電路，其諧振頻率固定在所需中頻率上（例如 455KHz，465KHz 等），在校驗時，與其他諧振電路無關；亦不受外來信號影响而改變其固定頻率，故必須先校準中頻，然後着手校驗其他電路。

2. 一般超外差機振蕩器之設計均採用三點同步跟踪法，校驗振蕩器之最簡便方法，係視乎正確中頻校驗而定，而與其他調節無關，故第二步必須校準振蕩器之三點同步跟踪頻率。

3. 校準混頻級及射頻級之調諧電路之最簡易方法，係視乎振蕩器及中放級兩者之正確校驗而定；因此，當中放級及振蕩器部份調節妥當後，始可調節第三部份，如此並可獲得最良好效果。

在圖3—41之電路內，變頻級係採用五柵管 6SA7，其混級之信號柵電路係調諧整個廣播頻段 540 至 1,600 千赫，要作第三步調節；其振蕩器之振蕩柵電路係調諧在 995 至 2,055 千赫頻段上，可作第二步調節；變頻級之屏極電路係中頻部份之一部，故應作第一步調節。因此，變頻級實際包括三個分離部份在內。

東南動電示教板 E.T.R. No. 1，係以 6K7 作中放級，6A8 作變頻級及 6K7 作射頻放大級，在中頻部份有四個調諧電路，諧振頻率均為 455 千赫，在振蕩器部份具有一個調諧電路，諧振頻率範圍 1,005 至 2,055千赫，在射頻級及混頻級具有兩個調諧電路，諧振頻率範圍均為 550—1,600 千赫。在天線電路内，增多一個串連諧振電路，供作中頻陷波器之用，諧振頻率為 455 千赫。

若接收機無射頻放大級，中頻陷波器則接在混頻級信號柵電路內。當將中頻信號注入混頻管信號柵作校驗時，中頻陷波器即將注入信號減弱，在此情形下，必須先將陷波器頻率旋至較低數值上，至最後再將陷波器校準之。

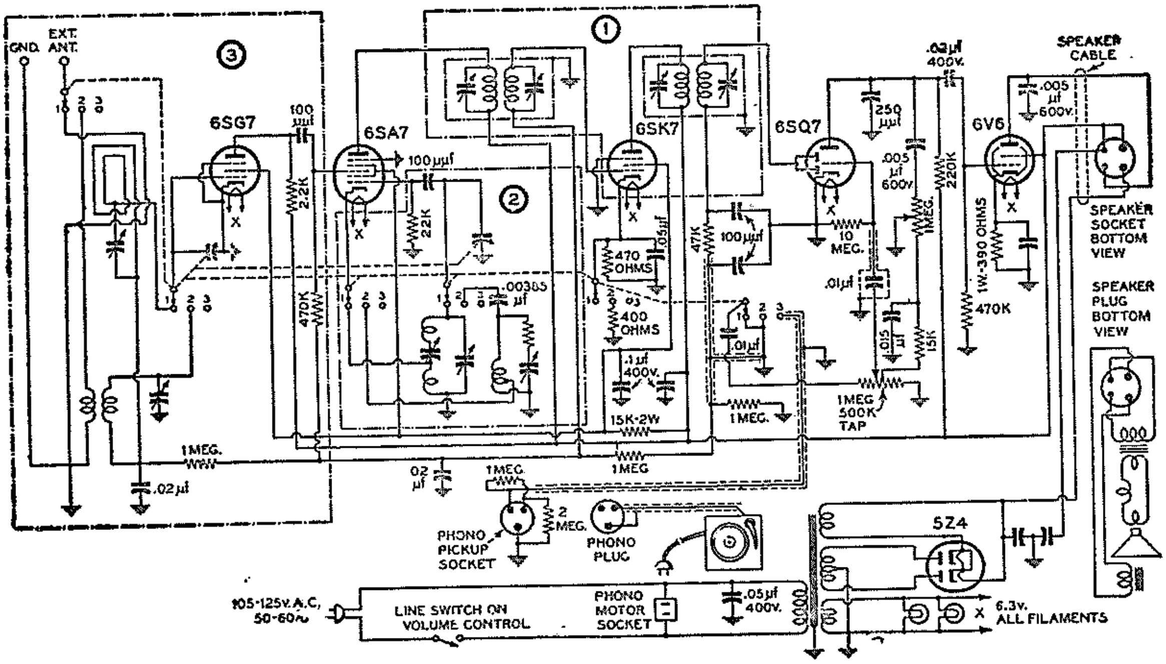


圖 3—41. 在一部示範超外差接收機中，可將校驗電路劃分三部份，如圖 3—42 所示。

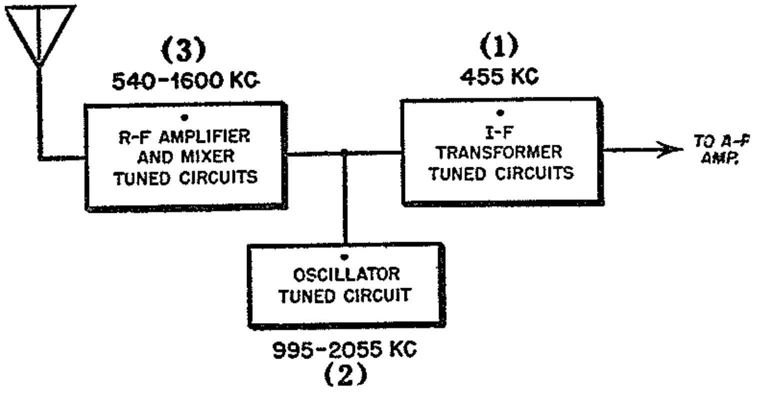


圖 3－42. 一超外差式接收機之全部電路可劃分三部份，以針對三個校驗程序，即（1）中頻放大級調諧電路，（2）振盪器調諧電路及(3)射頻放大級及混頻級調諧電路。

有時在校驗中放級，若不需用較強信號注入前級，可用圖 3—43 之方法，將信號產生器經鬆耦合至混頻管。

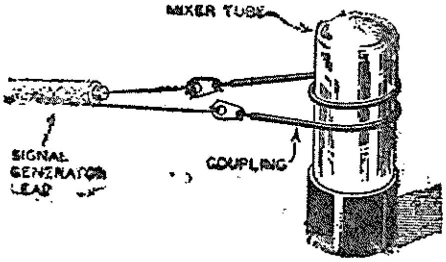


圖 3—43. 若不需用強信號校驗中放部份時，可用此簡便方法，將信號產生器鬆耦合至混頻管。

當超外差式接收機之中頻率校準在規定之數值後，只有振盪頻率係決定度盤位置之唯一因數；例如當調節振盪頻率，使度盤旋在 640 千赫位置以接收本港中文電台 640 千赫信號，若調節混頻級及射頻放大級之修整，只可以影响所收信號之靈敏度及响應振幅，而不能影响已校準之度盤位置。因此，振盪器電路之校驗，係完全包括度盤校核準確度在內，振盪器之修整及墊整，係專用以較準所收信號頻率，配合在度盤上之讀數。

在校驗本機振盪器前，先要檢查度盤之機械性能，一般廠家刻寫度盤最低頻端及最高頻端之讀數時，均以容電器旋至入盡及旋至出盡位置作爲配合原則。若兩點位置正確，並可進行校驗。

一般振盪器設計均用三點同步跟踪法，即係在一頻段內，選用三點位置，使振盪器頻率與外來信號頻率所產生之差頻剛等於正確中頻，其餘偏差最大不超出士 3 千赫。

根據各廠家所規定，每一頻段之三點同步跟踪頻率係：(1)接近低頻端；(2)接近高頻端；(3)在中心頻率上。例如：

1. 廣播頻段：

範　圍	同步跟踪頻率		
550—1600千赫	600千赫	1,000千赫	1,500千赫

2. 短波頻段：

a. 2.86— 8.58兆赫	3.33兆赫	6.00兆赫	8.00兆赫
b. 5.88—18.75兆赫	6.66兆赫	10.00兆赫	17.65兆赫
c. 7.7 —23.1 兆赫	8.58兆赫	12.00兆赫	21.40兆赫

上表所列之跟踪頻率，只不過係大致情形，最好在校驗時，依照每機之說明書進行工作。至於所用標準中頻率，美國機普遍用 455 千赫，歐洲機則用415—490千赫及510—525千赫。在校驗振盪器時，務要注意下列兩件事：

1. 在每一頻段之高頻端上，即調諧容電器旋至出盡位置，振盪頻率所受修整容電量之影响，甚大於電感量或墊整容電量。

2. 在每一頻段之低頻端上，即調諧容電旋至入盡位置，振盪頻率所受電感量或墊整容電量之影响，甚大于修整容電量。

因此，對于高頻跟踪，要調節修整容電器，對于低頻跟踪，要調節可變電感量或墊整容電器，然後能夠獲得最佳效果。

實驗程序：

第一步中放級校驗：

1. 依照圖 3—44 所示方法，將指示交流伏表接在揚聲器音圈間，或經 0.1 微法/600 伏容電器接在 6V6GT 屏極與底板間，或用直流伏表跨接於自動响度控制接線間。

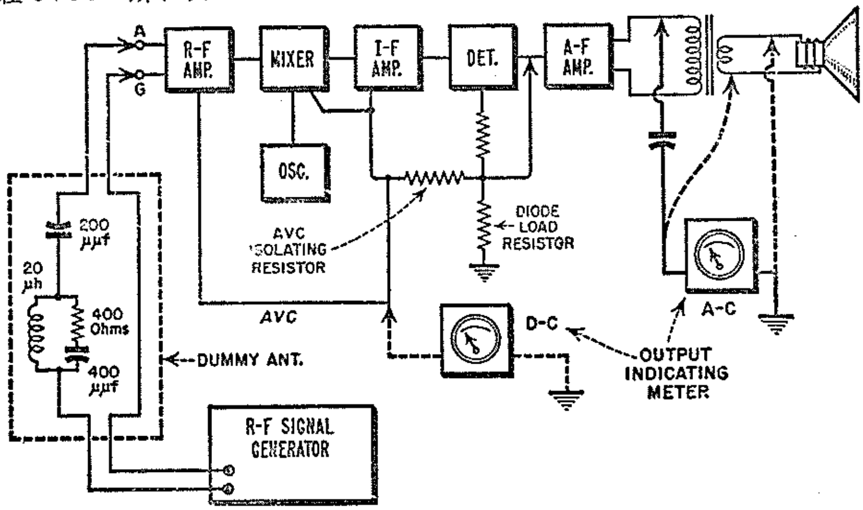


圖 3—44. 接收機校驗時，所需儀器之接法。

2. 依照圖 3—45 所提示方法，將自動响度控制電路，由A 點銲開，再與 3 伏電池之負極相接，電池正極則接在底板上。

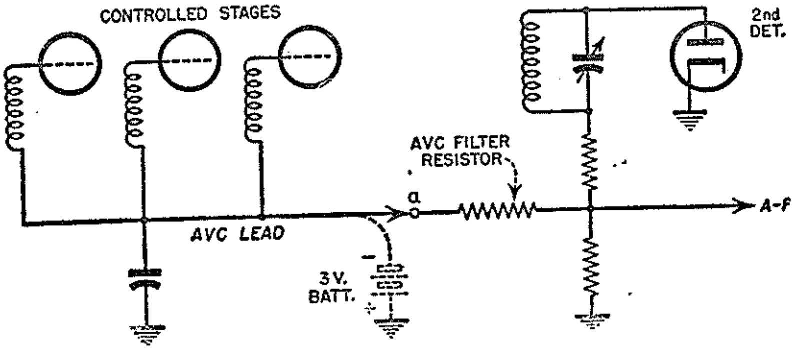


圖 3—45. 爲免除校驗時受AVC作用干擾，可將AVC電路取消及用 3 伏電池代替之。

3. 將接收機度盤旋至最高頻率端，以不受到外來信號干擾爲原則，必要時可將三連調諧容電器振盪組加以短路。

4. 依照圖 3—44 所提示方法，將信號產生器經標準代真天線注入天線柱，或依照圖 3—46 方法，將信號產生器“熱”引線經 0.1 微法/600 伏容電器接在混頻級信號柵上，（必要時，可先接在中放級柵上），“冷”線則接在底板上。

5. 將信號產生器旋至 455 千赫上，將調制開關閉合。

6. 將响度控制器旋至最大位置；將音調控制器旋至最小低音位置；將傳真度控制旋至低傳真度或最大選擇度位置。

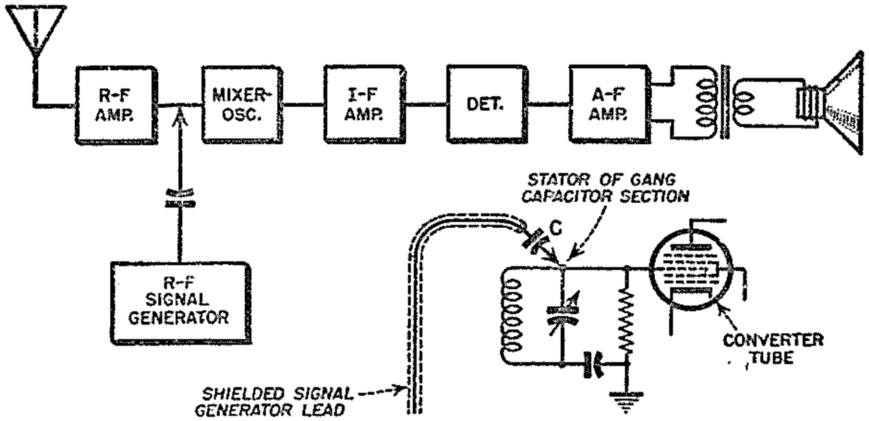


圖 3—46. 校驗中頻部份時，信號產生器之接法。

7. 用優良電木校驗螺絲批，先將輸出中頻變壓器之兩個修整容電器或兩個鐵粉心調節至最大輸出，若信號過強，可調節信號產生器之衰減器至最適當電平上。

8. 調節輸入中頻變壓器之兩修整容電器或兩個鐵粉心至最大輸出（若最初信號產生器接在中放級柵上，必須移接在混頻級柵上）。

9. 依照 7 及 8 程序再作一兩次，直至以最微弱 455 千赫調幅信號注入，而獲得最大輸出，又無狂叫聲爲止。

第二步振蕩器電路校驗：

10. 將調諧容電器振蕩組之短路移去，依照圖 3—47 所示方法，將度盤指針校準在最低頻端之位置。

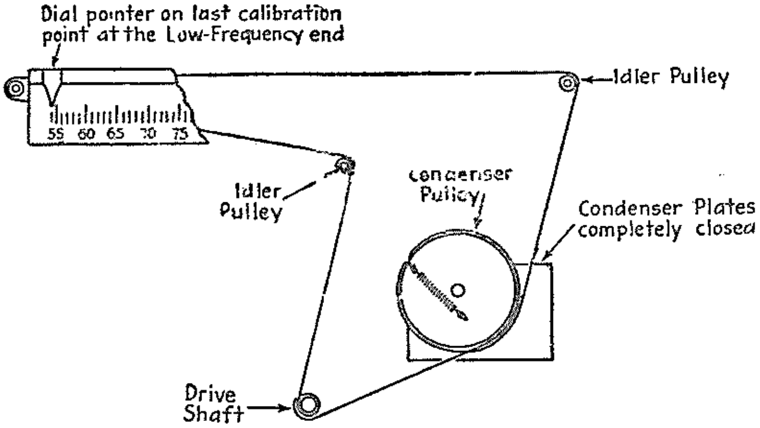


圖 3—47. 核準接收機度盤指針之正確位置。

11. 照圖 3—44 之方法，將信號產生器經標準代真天線移接至天地線接柱間。

12. 將信號產生器旋至 1,500 千赫上，將調制開關閉合。將接收機度盆旋至1,500千赫位置，調節振蕩器電路之並連修整容電器至最大輸出。

13. 將接收機度盆旋至 600 千赫上，調節振蕩電路之串連墊整容電器至最大輸出。

14. 當墊整容電器已獲得正確調節，再次旋至 1,500 千赫，作修整容電器調節；因墊整對於修整調節，及修整對墊整調節會互相引起輕微影响，故必須重覆加以調節，直至在 600 千赫及 1,500 千赫兩非常接近位置上，獲得接近相等輸出電平爲止。

第三步混頻及射放級校驗：

15. 調諧接收機及信號產生器至 1,400 千赫上。
16. 調節混頻級之高頻修整至最大輸出。
17. 調節射放級之高頻修整至最大輸出。
18. 將接收機及信號產生器度盤同時旋至 600 千赫上。將混頻級及射放級之低頻端墊整（若有時），或調諧容電器之動片槽調節至最大輸出。
19. 依照 16 至 18 程序再作一兩次。
20. 將信號產生器旋至 455 千赫上，調節中頻陷波器至最低輸出。
21. 將以上所得結果記錄之，並作一報告書。

討　　論：

將以上所得結果，詳細討論之。

實驗 3——20　單頻段交流式接收機校驗之二

目　　的：

與實驗 3—19 相同。

應用儀器：

1 東南動電示教板 E.T.R. No. 5。
1 調幅式信號產生器。
1 20,000歐/伏萬用電表，或電子管伏表。
1 校驗工具一套。
1 世界電子管大全。

解　　釋：

圖 3—48 爲東南動電示教板 E.T.R. No. 5 之實物線路圖，全機採用英國式電子管，以 ECH35 作變頻級，以 EF39 作中放級，以 EBC33 作二次檢波級兼作 AVC 及聲頻放大級，以 EL33 作功率輸出級，以 AZ31 作全波整流器。接收頻段爲 550—1500 千赫，中頻率爲 465 千赫。本機具有六個調諧電路，混頻級輸入電路係採用環狀天線圈。

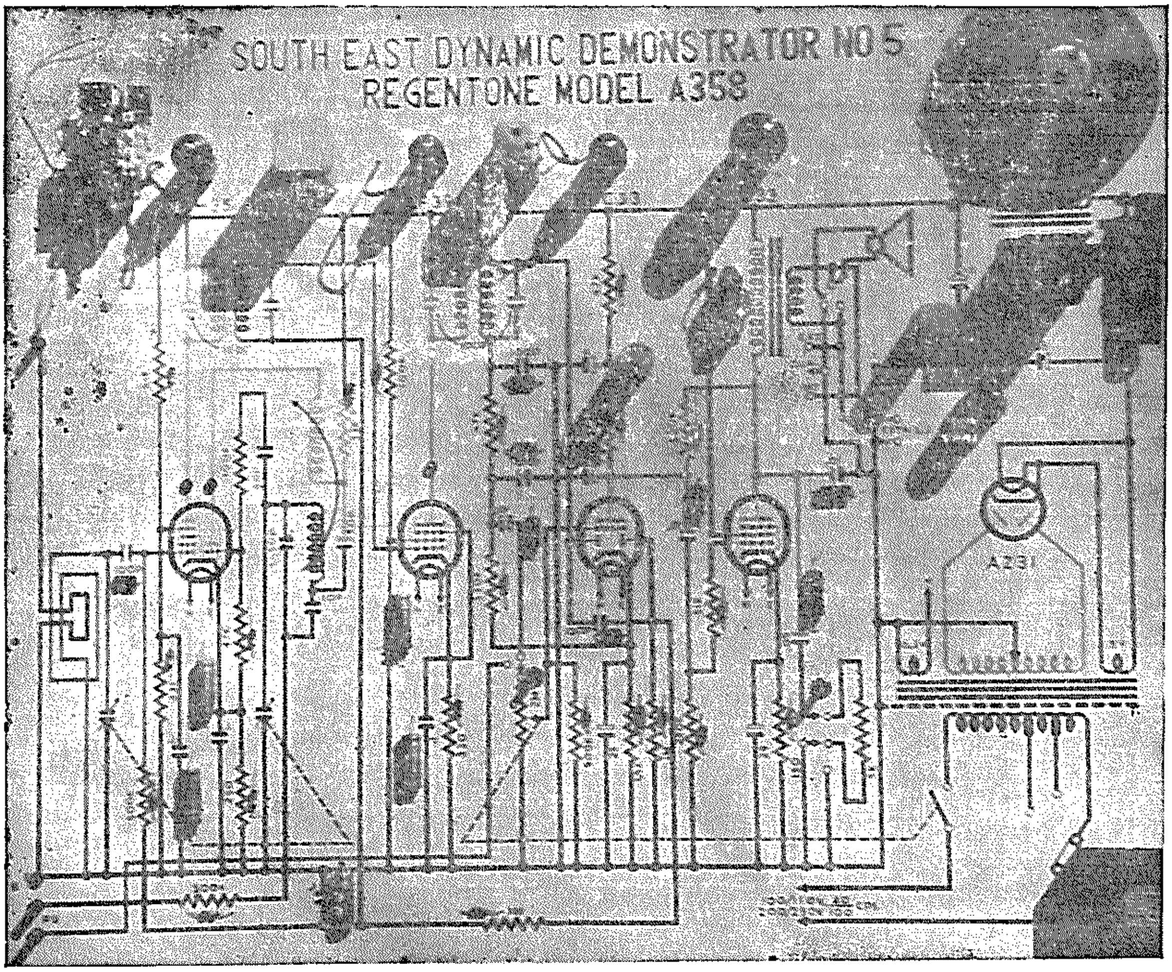


圖 3—48. 東南動電示教板 E.T.R. No. 5 ——五管交流超外差式接收機

實驗程序：

第一步中頻校驗

1—9. 與實驗 3—19 相同。

第二步振蕩器電路校驗

10. 與實驗 3—19 相同。

11. 依照圖 3—49 所示方法，將信號產生器接上一測驗環或線圈，耦合至接收機之環狀天線旁，兩者距離任意調節之。

12—14. 與實驗3—19相同。

第三步混頻級校驗

15—16. 與實驗3—19相同。

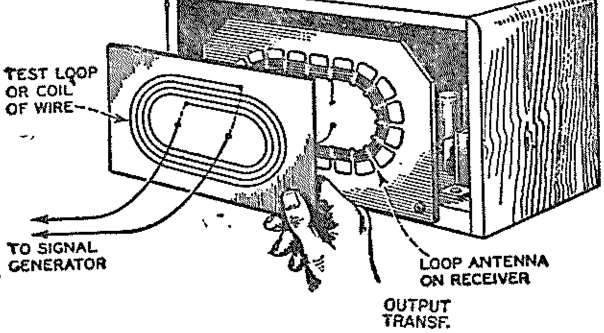


圖 3—49. 校驗具有環狀天線之接收機，信號產生器可用一測驗環作爲耦合。

實驗 3——21　單頻段交直流接收機校驗之一

目　　的：

與實驗 3—19 相同。

應用儀器：

1　20,000歐/伏萬用電表，或電子管伏表。
1　信號產生器。
1　東南動電示教板 E.T.R. No. 4。
1　校驗器。

解　　釋：

本機之實物線路如圖 3—50 所示，全部用荷蘭國小型管，以 UCH42 作變頻級，以 UF41作中放級，以 UBC41 作二次檢波級兼作 AVC 及聲頻放大級，以UL41作功率輸出級，以 UY41 作半波整流器。全部供熱絲串連，接收頻段係 517—1622 千赫。中頻率為 452 千赫。校驗振蕩電路時，在高頻端係調節修整容電器，在低頻端則調節振蕩線圈之鐵粉心。校驗混頻級調諧電路時，亦分別以修整容電器及可變電感圈作為高及低頻端之調節。

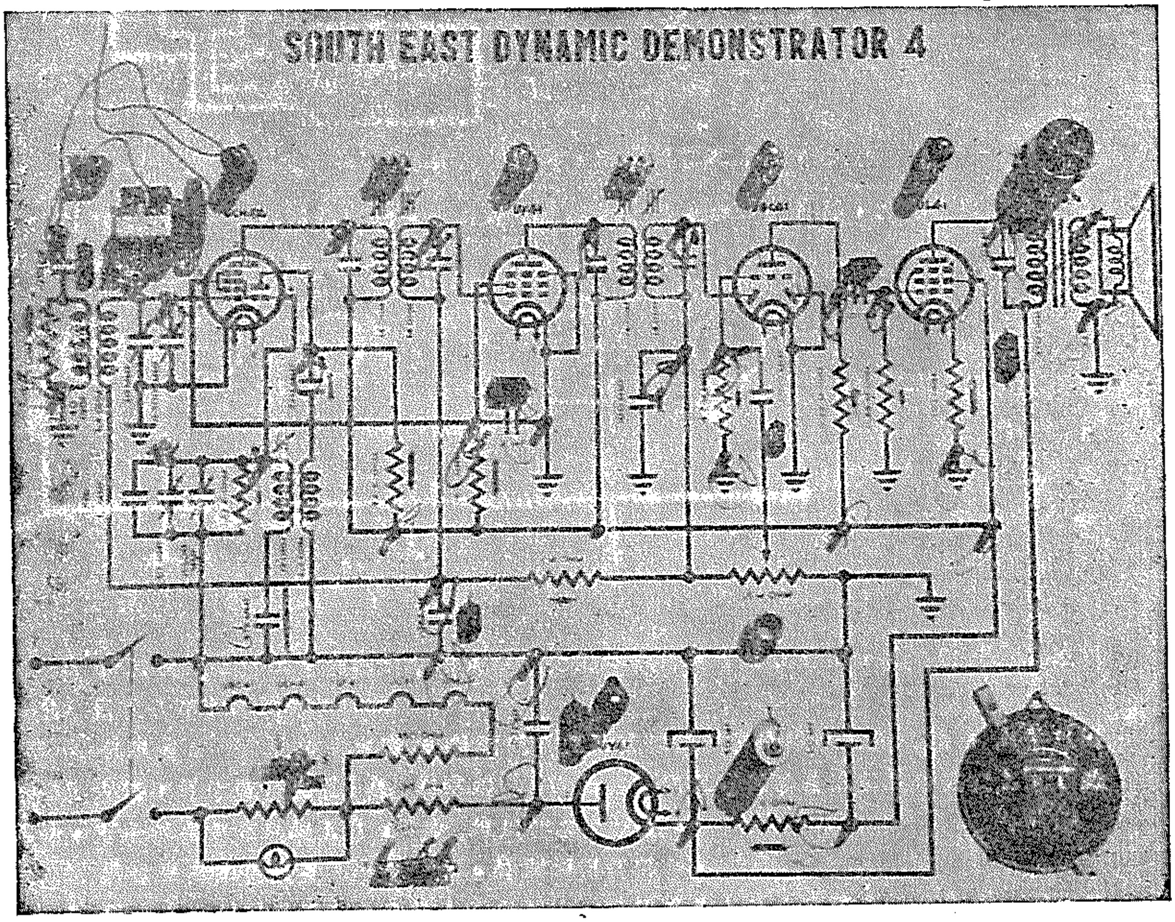


圖 3—50. 東南動電示教板 E.T.R. No. 4——五管交直流超外差接收機

實驗程序：

第一步中頻校驗：

1. 將响度控制器旋至最大。
2. 將可變容電器旋至出盡。
3. 接上輸出表。
4. 將信號產生器輸出熱線串連 0.1微法/600 伏容電器接在混頻級信號柵極上，將冷線接在底板上。
5. 調節信號產生器至 452 千赫上，將調制開關閉合。
6. 調節輸出中頻變壓器之兩個鐵粉心至最大輸出。
7. 調節輸入中頻變壓器之兩個鐵粉心最大輸出。
8. 依照 6 及 7 程序，再作一二次，直至獲得最滿意輸出為止。

第二步振蕩器電路校驗：

9. 度盆指針位置校準：旋可變容電器出盡，將指針移至1630千赫上。
10. 將信號產生器之輸出已調 550 千赫信號，經標準代真天線注入天線柱；旋接收機度盆至 550 千赫位置，調節振蕩線圈之鐵粉心至最大輸出。
11. 將信號產生器及接收機一齊調諧在1630千赫上，調節振蕩修整至最大輸出。

第三步混頻級電路校驗：

12. 將信號產生器及接收機同時旋在 550 千赫上，調節混頻級調諧電路之線圈鐵粉心至最大輸出。
13. 將信號產生器及接收機同時旋在1630千赫上，調節修整至最大輸出。

實驗 3——22 單頻段交直流式接收機校驗之二

目　　的：

與實驗 3—19 相同。

應用儀器：

1 20,000歐/伏萬用電表，或電子管伏表。
1 信號產生器。
1 東南動電示教板 E.T.R. No. 2。
1 校驗器。
1 R.C.A. 電子管讀本。

解　　釋：

東南動電示教板 E.T.R. No. 2（或其他同類五管交直流超外差式機），具有六個調諧電路，即中放級有四個中頻調諧電路，其調諧頻率均為 456 千赫；混頻級有一個射頻調諧電路，對廣播頻段調諧範圍為550 至 1600 千赫；本機振蕩級有一個調諧電路，對廣播頻段調諧範圍為1006至2056千赫。

因振蕩調諧電路之調諧頻率範圍，比射頻調諧電路較小，為保持同步跟踪起見，在設計上，共軸調諧容電器之振蕩組比率，必須比射頻組為小。振蕩電路跟踪校驗方法有二：即（一）在頻段低端用串連墊整容電器，在頻段高端用並連修整容電器；（二）共軸調諧容電器之振蕩組，改用切片式，在頻段低端無須用串連墊整調節，只在高端用並連修整調節。本機乃用第二種方法調節，調諧容電器振蕩組動片及靜片面積比射頻組較小，在每組旁邊，均跨接一修整容電器。

實驗程序：

1. 將响度控制器旋至最大位置。
2. 照前述方法將 AVC 電壓移去。
3. 依照下表次序校驗：

校　驗	信號產生器旋在	信號產生器輸出熱線	可變容電器旋在	修整容電器調節至最大輸出
1. 中　頻	456 千赫	串連 .1微法容電器接至 12SK7 柵極（4）	動片出盡	輸出中頻變壓器頂内兩修整容電器
2. 中　頻	456 千赫	串連 .1微法容電器接在 12SA7 信號柵(8)	動片出盡	輸入中頻變壓器頂内兩修整容電器
3. 振蕩高頻端	1600 千赫	磁感耦合至環狀天線如圖 3—49 所示	動片出盡	廣播振蕩修整容電器 C2 在共軸容電器旁邊
4. 射　頻	1400 千赫	磁感耦合至環狀天線	旋在 1400千赫上	廣播天線修整容電器 C3 在共軸容器旁邊

4. 將以上各項記錄作一報告書。

討　　論：

將以上所得結果詳細討論之。

實驗 3——23 兩頻段交流接收機校驗

目的：

1. 將一部具有中波段及短波段之超外差接收機之中頻，變頻及射頻之調諧電路，調節在所需準確頻率上。

2. 調節兩頻段之度盆至同步跟踪頻率上，以便獲得最高靈敏度。

應用器儀：

1 東南 No. 2—1 兩頻段超外差接收機。
1 20,000歐/伏萬用電表，或電子管伏表。
1 信號產生器。
1 校驗器。

解釋：

本機爲兩頻段之收音及電唱式接收機。廣播頻段係550—1600千赫；短波段係 6—18兆赫。中頻率爲 455 千赫。校驗時，先要認明各墊整容電器及修整容電器之位置，以免混亂。振蕩器電路之校驗，在廣播頻段內，低頻端600千赫係用串連墊整調節，高頻端1500千赫係用並連修整調節；在短波頻段內，低頻端不須調節，只在高頻端18兆赫調節修整並妥。

本機係用 6SK7 作射頻放大級，以 6SA7 作變頻級，以 6SK7 作中放級，以 6SQ7 作二次檢波級兼作 AVC 及聲頻放大級，以 6V6GT 作功率輸出級，及以 5Y3GT 作全波整流器。在廣播頻段上，射放級調諧電路係採用環狀天線圈。

實驗程序：

第一步中頻校驗：

參照實驗 3—19 之第一步方法。

第二步振蕩器校驗：

(a)廣播頻段：

參照實驗 3—19 之第二步方法。

(b)短波頻段：

1. 將信號產生器之已調18兆赫信號，經標準代真天線注入天線柱；將接收機旋至 18 兆赫位置。
2. 調節振蕩電路之短波修整容電器至最大輸出。

注意：當調節時，常在修整容電器兩點不同位置上引入信號，一係所需正確頻率信號，另一係對像頻率干擾信號，可用下法辨別之：

先將修整旋至入盡(最大容量)，然後慢慢拉鬆之，當最先引入之信號，係對像頻率，繼續將修整拉鬆，直至第二次引入之信號，始爲正確所需頻率。

第三步混頻級及射放級校驗：

(a)廣播頻段：

參照實驗3—19之第三步方法。

(b)短波頻段：

1. 將信號產生器之已調14兆赫信號，經標準代真天線注入天線柱，將接收機旋至14兆赫左右，直至有輸出爲止。
2. 調節混頻級及射放級之短波修整容器至最大輸出。

討　　　論：

1. 何謂代真天線，其功用何在？
2. 用聽覺校驗超外差機時，何以要將 AVC 作用消除之？
3. 試列出校驗超外差機之程序。
4. 簡述校驗本機振盪器之方法。
5. 若利用接收機之電子光示管作校驗指示器時，何以不將 AVC 作用消除？
6. 校驗接收機短波段之高頻端，當調節修整容電器時，往往在兩個不同位置引入信號，試問某一位置算作正確。
7. 當校驗一部超外差機之中放級時，若無法查出其規定中頻率，應用何法以決定之？
8. 試述調節中頻陷波器之方法。
9. 試述校驗頻段放大器之方法。
10. 試述校準接收機度數盆讀數之方法。
11. 試舉出校驗全波段式接收機之程序。
12. 當旋接收機度盆接收19MHz信號時，可以在度盆兩點位置收到該台信號，試述其理。

實驗 3——24　接收機級增益測量之一

目　　　的：

1. 測量接收機每一級之放大增益。
2. 研究接收機靈敏度變化之原因。

應用儀器：

1　東南動電示教板 E.T.R. No. 1。
1　電子管伏表。
1　校驗器。
1　信號產生器（須具有輸出微伏指示器）。

解　　釋：

在超外差式接收機各級中，除二次檢波級(即直線式二極檢波器)外，其餘均有放大效能。修理技師若能明白各級放大工作原理，運用級增益測量方法，並可提高動電修理技術之效率，及加強對故障來源判斷之信念。例如有一座接收機，只有某一級之陰極旁路容電器開路，輸出音量自然降低；先將所需信號電壓依次注入各級，以測量其增益，將所得測量結果與正常增益記錄比較，若相差太遠時，即可判定某級發生故障，並可着手查出損壞容電器更換之。

在無線電工程實驗上，必須用高貴精密儀器，以測量每級放大增益之準確數值。但在修理技術上，因接收機某級發生故障後，其增益必比正常記錄相差極大，測量時可用比較方法觀察之，無須達到十分準確程度，故只用一已知輸出(微伏)之信號產生器，及一輸出表，並足以應付。

級增益測量法極爲簡單，照圖 3—51 之解剖，用一交流伏表串連0.1微法/600伏容電器跨接輸出級屏路間，先將一已知所需信號電壓注入測驗級之柵極(1)上，使伏表指在一規定標準讀數上，然後用一較高已知所需信號電壓注入下級柵極(2)上，使伏表依然指在規定標準讀數上，則該測驗級之增益等于：

$$級增益=\frac{第二級輸入電壓(對標準輸出)}{第一級輸入電壓(對標準輸出)}$$

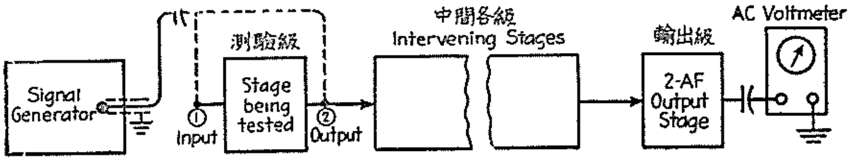


圖 3—51. 級增益測量圖解

例如 1 伏信號電壓注入測驗級柵極(1)點，產生標準輸出，再以 10 伏信號電壓注入下級柵極(2)上，亦得標準輸出，則該級增益等于 10/1=10。

級增益測量所用之標準輸出單位，係由美國無線電工程師學會(I. R. E.)所規定，其數值等于50毫瓦(0.05 瓦)信號功率輸入揚聲器音圈內。輸出功率乃用交流伏表跨在揚聲器音圈間，或輸出屏路間測量之。當跨接音圈時，設音圈阻抗等於 5 歐，輸入標準功率等於 0.05 瓦，伏表所指之交流電壓讀數應得：

$$E=\sqrt{WR}=\sqrt{.05\times5}=0.5伏$$

但在一般萬用電表之交流低壓範圍，對于0.5伏之讀數極難閱讀，故測量時最好將電表跨接於屏路間；若輸出管爲6V6G，其加載電阻等于5000歐，輸出標準功率等于0.05瓦，伏表所指之交流電壓讀數應等于：

$$E=\sqrt{WR}=\sqrt{.05\times5000}=16伏(大約)$$

選用交流電壓範圍時，應配合指針指在中點讀數上，以利便觀察。

當級增益測量時，本應將自動响度控制電路短路，以便獲得比較良好效果；但現只需極微弱信號電壓注入中放級至射放間各測驗點上，並可得標準輸出功率電平 0.05 瓦，故自動响度控制電壓影响微弱，可以忽畧不計之。

接收機內各級增益測量點，所需產生標準輸出之注入信號電壓，乃代表某點上之接收機靈敏度。當用3500微伏注入中放級柵極，以產生標準輸出時，則在中放級柵上之接收機靈敏度，等於3500微伏。現將接收機各點平均靈敏度，摘要列于下表：

靈敏度平均輸入	信號產生器調諧在	信號產生器熱線接在	接收機輸出
5—12微伏	600千赫	天線接柱	標準
50　微伏	600千赫	變頻級柵	標準
3500　微伏	455千赫(或其他中頻)	中放級柵	標準
0.032　伏	400　赫	第一聲放級柵	標準
1.6　伏	400　赫	第二聲放級柵	標準

二極檢波器因無放大作用，故忽畧之。當測量時，將信號產生器之衰減器旋在上列各點所需伏讀數上，若該級工作正常，並可獲得標準輸出。

級增益測量，可用靈敏度測量方法計算之，例如用50微伏 600 千赫信號注入變頻級柵極，產生標準輸出，該點接收機靈敏度等于50微伏，現用 3500 微伏455千赫信號注入中放級柵極，亦得標準輸出，則該點接收機靈敏度等于3500微伏。故變頻級之增益，等于後者靈敏度除以前者靈敏度，即等於 3500/50或70。

各式接收機每級之增益均不相同，茲將其變化範圍可列于下表：

級	測驗頻率	增益範圍	平均增益
第二聲放級	400　赫	5— 15	10
第一聲放級(高μ)	400　赫	40— 66	50
中放級	455 千赫	80—120	100
變頻級	600 千赫	60— 80	70
射放級	600 千赫	20— 40	30

在示教板頂部，可見到本機各級之增益數字。射放級輸入電路之增益在 600 千赫上爲 4 倍；射放級增益爲25×600千赫；變頻級之增益爲70×600千赫；中放級增益爲 100×455千赫；聲放級增益爲50×400赫；功率輸出級增益爲10×400週。測量時，所得結果若在±20%以內並算正確。

實驗程序：

1. 依照上述方法及表列之程序，測量每級之增益。將接收機每點之靈敏度及每級增益數值用表記錄之。
2. 照上法再作一次。
3. 將實驗結果作一報告書。

討　　論：

將每項所得結果詳細分析之。

實驗 3——25　接收機級增益測量之二

目　　的：

與實驗 3—24 相同。

應用儀器：

1　電子管伏表。
1　信號產生器（須具有輸出微伏指示器）。
1　東南動電示教板 E.T.R. No. 2。
1　校驗器。

解　　釋：

本機所需中頻為 455 千赫，射頻調諧範圍為540至1720千赫。振盪頻率調諧範圍為 995 至2175千赫。各點之平均靈敏度已列在示教板上。

方　　法：

1. 示教板置放在平面位置上。
2. 用色筆將線路圖繪製，用表列上各另件，並說明其功能。
3. 依次測量各級電壓，用表記錄之。
4. 依表列程序，測量每級增益數值，並用表記錄之。
5. 照第 4 項再做一次。
6. 旋轉度盆收音。
7. 作一實驗報告書。

討　　論：

將以上所得各項結果，詳細討論之。

實驗 3——26　6A8 變頻管廣播接收機裝配

目　　的：

1. 實習裝配超外差式接收機之技術。
2. 熟練測驗及校驗超外差接收機之方法。

應用儀器：

1　5管交流超外差式另件機（全部另件如下表所列）。
1　11兆歐輸入阻抗電子管伏表。
1　信號產生器。
1　校驗工具。
1　RCA電子管讀本。

解　　釋：

6A8 變頻級

早期之五柵變頻管計有1A7式(用于1.4伏絲壓電池機)；1A6，1C6，1C7-G及1D7-G（用于2伏絲壓電池機內）；2A7（用于2.5伏絲壓交流機內）；6A7及6A8（同類7B8，1LA6，及6D8-G用于6.3伏絲壓交流機內）；12A8-GT（用于12.6伏交流或交直流機內）。此類五柵變頻管係設計以同時發揮振盪器，混頻器及放大器之功能于一個結構內，及使振盪器及混頻器各自獲得獨立偏壓，以完成最佳混頻及最佳振盪之功用。

在1960年以前，6A8管十分普遍用于交流式超外差機內，其內部各柵極排列可參考圖3—52所示，由陰極起計，其次序如下：

G1. 振盪器控制柵，其功用與任何振盪管之柵極相同。

G2. 振盪器陽柵極，與振盪柵及主陰極供給本機振盪器信號。實際上此柵只具有兩垂直邊柱，位于第一柵及第三柵之間。

G3. 及 G5. 內及外簾柵，在管內相接，及用一引線接至管底一插腳內。

G4. 射頻信號輸入控制柵。

另　件　表

1. 電　子　管

6A8連柵帽，6SK7，6SQ7，6V6GT，5Y3GT，各一只。

2. 綫　　圈

L1 L2—6A8 變頻管所用廣播頻段線圈一套：包括天線圈和振蕩線圈各一只。

3. 中頻變壓器

IFT1，IFT2—465 千赫中頻變壓器一套：包括輸入式和輸出式各一只。

4. 電　　阻

R 1—50000歐1/4瓦炭質電阻一只（6A8的振蕩柵電阻）。

R 2—300歐（或270歐）1/4瓦炭質電阻一只（6SK7的陰極自給柵偏壓阻）。

R 3—2兆歐（或2.2兆歐）1/4瓦炭質電阻一只（自動响度控制電路的濾波電阻）。

R 4—20000歐2瓦炭質電阻一只（6A8及6SK7的簾柵極降壓阻）。

R 5 SW—0.5兆歐連開關電位器一只（音量控制及電源開關）。

R 6—5兆歐（或4.7兆歐）1/4瓦炭質電阻一只（6SQ7的柵極接觸偏壓電阻）。

R 7—0.25兆歐（或0.22兆歐）1/4瓦炭質電阻一只（6SQ7的屏極加載阻）。

R 8—0.5兆歐（或0.47兆歐）1/4瓦炭質電阻一只（6V6-GT的柵極電阻）。

R 9—250歐（或270歐）2瓦炭質電阻一只（6V6-GT的陰極自給柵偏壓阻）。

R10—300歐，1/4瓦炭質電阻一只（6A8陰極自給柵偏壓阻）。

R11—20000歐，1瓦炭質電阻一只（6A8振蕩陽柵降壓阻）。

5. 容 電 器

C 1, C 2—0.00036微法雙連可變容電器一只（調諧電台用）。

C 3—0.05 微法 600 伏紙質固定容電器一只（自動响度控制電路濾波容電器）。

C 4—0.0001微法雲母固定容電器一只（6A8的振蕩柵容電器）。

C 5—0.0006微法墊整容電器一只（校準振蕩頻率配準 800 千赫以下的刻度盆用）。

C 6—0.1 微法 600 伏紙質固定容電器一只（6A8 及 6SK7 簾柵極的旁路容電器）。

C 7—0.05微法 600 伏紙質固定容電器一只（6SK7 陰極自給柵偏壓旁路容電器）。

C 8—0.00025微法雲母固定容電器一只（檢波級高頻率旁路容電器）。

C 9—0.01微法600伏紙質固定容電器一只（檢波級和電壓放大級間耦合容電器）。

C10—0.0005微法雲母固定容電器一只（6SQ7的屏極旁路容電器）。

C11—0.1 微法 600 伏紙質固定容電器一只（電壓放大和功率放大級間耦合容電器）。

C12—25微法25伏電解式固定容電器一只（6V6-GT的陰極自給柵偏壓旁路容電器）。

C13—0.01微法600伏紙質固定容電器一只（6V6-GT的屏極旁路容電器）。

C14, C15—8微法450伏電解式固定容電器兩只（直流高壓濾波容電器）。

C16—0.05微法600伏紙質固定容電器一只（6A8陰極旁路容電器）。

C17—0.1微法600伏紙質固定電器一只（6A8振蕩陽柵旁路容電器）。

6. 其　　他

1. 6.3伏五管收音機用的砂鋼片電源變壓器一只。
2. $6\frac{1}{2}$吋電動式揚聲器（附6V6-GT用的輸出變壓器）一只。
3. 木質收音機箱連鐵質底板一整套（須能裝置$6\frac{1}{4}$吋的電動式揚聲器，刻度盤是廣播頻段用的）。
4. 膠木八脚管座六只。
5. 膠木五脚管座一只。
6. 八脚管座用的110/220伏電源變換插一只。
7. 五脚接線插一只。
8. 紅、黄、綠、白、黑五色絕緣軟接線各 3 呎，另購數呎作爲天線引線之用。
9. 英規16號的漆包線或類似粗細的裸銅線 2 呎（去漆易上錫，作爲公共接地用）。
10. 金屬隔離線 1 呎。
11. 橡皮電源線（連電源插頭）約 5 呎。
12. 電源線孔用橡皮墊圈一只。
13. 三孔接線板一或兩塊。
14. 6—8伏小電珠一只或兩只。
15. 小電珠座一只或兩只。
16. 旋鈕兩只。
17. 長10公厘，直徑2.5公厘的螺絲釘連帽20套。
18. 胡琴上用的絃線 4 呎（刻度盤拉線用）。

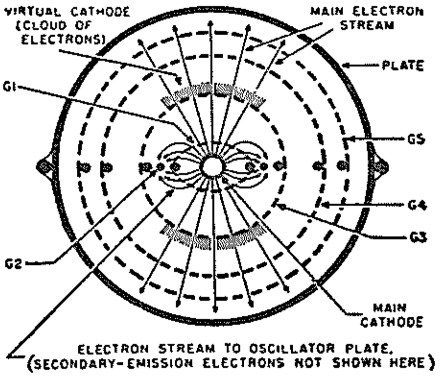


圖 3—52. 6A8管內部各極之排列，及電子道與虛陰極之頂視圖形。
矢向線係代表電子道，在 G2 旁之暗影係代表虛陰極。

線路說明：

圖 3—53 爲用 6A8 作變頻級之最流行廣播頻段接收機線路。當外來射頻信號，經調諧信號電路之耦合輸至變頻級信號柵G4，即將由陰極趨向屏極之電子流加以調制。本機振蕩器係用一簡單調柵反饋式振蕩電路，極易獲得較大振蕩電壓在振蕩柵 G1 上。振蕩線圈 L2 之初級稱爲再生圈，次級稱爲振蕩貯能圈。

產生振蕩之能量，係由再生圈經磁感耦合反饋至振蕩貯能電路內。振蕩頻率係由電路之可變調諧容電器C2所控制。C2 係與 C1 同軸，供作單控制調諧。信號及振蕩兩調諧電路之設計，係使振蕩頻率減去信號頻率，等于所需正確中頻率。墊整容電器C5用以調節振器電路，使在該頻段之低頻端獲得同步跟綜。R10 係陰極自給偏壓電阻，用以供給變頻級之四極混頻器部份之信號柵負偏壓。C10 係陰極旁路容電器，用以免除 R10 之負反饋作用。R1 係振蕩柵漏，用以供給變頻級振蕩器部份之獨立偏壓。C4 係振蕩柵耦合容電器，用以將貯能電路之振蕩電壓輸入 G1，及將 G1 及 R1 電路之直流隔斷。

電子管之作用：

6A8之陰極，G1及 G2 係接至貯能能及反饋電路以組成一三極管振蕩器，以 G1 作振蕩柵，而以G2作振蕩屏。G3及G5在管內相接供作簾極，加上虛陰極，信號柵 G4 及屏極組成變頻級之四極混頻器。

由陰極表面射出之電子，係由各柵壓及屏壓所控制。由于G2之特殊結構，及各極間之距離比例不同，使G1只能收吸3—6%電子；G2吸收約40%（主要經 G3 之二次放射），G3 及 G5 吸收約25—30%，屏極則吸收所餘放射電子。因 G1 位置最接近陰極，任何振蕩電壓輸在其上，可以調制全部電子流，而與電子之最終目的無關。

當振蕩器開始振蕩時，G1與陰極間即建立一高達60至80伏交流電壓，此振蕩電壓將通過G1之電子流強度加以變化，使電子流脈動在振蕩頻率上。具有高速率之電子羣，一部份撞擊在內簾柵G3上(看圖3—52)，其所產生二次放射電子，係被兩正壓振蕩陽極棒G2 吸收，以助長振蕩屏流；另一部份電子則通過G3空隙，趨向信號柵G4前進；因 G4 係由陰極阻

R10 或自動响度控制電路供給一工作負偏壓，于是將來臨電子流排斥，使多數電子速率降慢，及結成一層脈動電子霧瀰漫在G3及G4間，如圖 3—52 所示。此被阻滞之脈動電子霧，乃組成四極混頻器之虛陰極，此虛陰極對混頻屏所供給之電子，除含有振蕩頻率外，其作用與主陰極相似。

四極混頻器部份之屏流，其瞬值係視乎信號柵至屏之互導瞬值而定；同時由脈動虛陰極所獲得之電子，係與振蕩柵電壓之瞬值互成涵數；因此，混頻器部份之屏流必需與兩者之瞬值成比例，即信號及振蕩電壓兩者有效地作用于電子流上，于是將信號及振蕩輸出混合在電子管内。故屏輸出電路係含有所收信號頻率，振蕩頻率，兩頻率之和及兩頻率之差等成份在内，所差出之頻率即等于所需中間頻率，變頻作用于是得以完成。混頻器之屏流饋至中放級之固定調諧輸入電路，此電路係選擇所需中頻，而排除其他頻率。

由于内部之結構關係，信號柵及振蕩柵係置放于同一電子道中，兩電路均藉此媒介作爲耦合，故此類五柵變頻管可稱爲電子耦合變頻器，又稱爲内柵振蕩器注入法。

除供給虛陰極之電子受到振蕩柵壓所調制外，四極管混頻器部份與三極管振蕩器部份幾乎互相獨立工作。

6A8管具有550微姆之變頻互導，工作在廣播及較低短波頻段上，可獲得優秀變頻性能。但在 10 兆赫以上之，即顯出缺點：(1)因受信號及振蕩柵間空間電荷耦合作用，當振蕩頻率高于信號頻率一個中頻數時，有一反相振蕩電壓產生在信號柵電路内，即將變頻互導及增益降低。在 15 兆赫以上，靈敏度跌下特別迅速；(2)在此頻率上振蕩器部份之低互導影响振蕩器工作；(3)因振蕩屏與信號柵均處于同一電子道中，互生牽制作用，振蕩屏流會受輸至信號柵之偏壓所影响。故當自動响度控制偏壓變化時，會使振蕩電壓振幅及頻率產生變化。

在信號柵及振蕩柵間接上一個大約 1 微微法絞合線容電器，可以局部中和兩者間之空間電荷耦合作用，故在較高頻率上，增益可以局部補償，使 6A8 管能用在20兆赫以下之頻段内。許多改革變頻管如 6SA7，6L7，6L8，及 6K8 等可用于較高頻率上，而減少振蕩頻率移變作用。

6SK7 中放級

由 6A8 變頻級所差出之 465 千赫中頻信號經輸入中頻變壓器調諧，由初級搭耦合至次級捲，然後輸入中放級 6SK7 之柵路内。

6SK7 係遙截止式五極管，其柵回路接在自動响度控制電路内，藉以免除中放級之調幅失真毛病。中頻變壓器係用雙調諧電路，諧振在一固定頻段内，此頻段濶度約10千赫；例如中頻之中心頻率爲465千赫，則中頻變壓器之調諧範圍爲 460 至 470千赫。若將中頻變壓器之初次級間之耦合係數增加，其頻段濶度隨之增加，使响應曲線成爲雙駝峯形，接收機之傳真度于是更趨優美，此爲中放級第一種特點。

中放級係工作在一固定中頻上，其放大增益極高而又極穩定，此爲中放級第二特點。

放大後之中頻信號，係由中放級之屏路，經輸出中頻變壓器輸送至二次檢波級，即6SQ7 雙二極部份。

6SQ7管之功用

6SQ7係一雙二極三極管，雙二極部份供作二次檢波級及自動响度控制器，三極部份係一高放大係數三極管，供作第一聲頻放大器。

當中頻信號電壓正半週輸至6SQ7管之二極管部份之屏極時，即吸收由陰極射出電子，有一二極屏流通過輸出中頻變壓器之次級捲，回至陰極。當負半週輸入時，二極部份不導電，故二極檢波級實係一信號半波整流器。

在導電時，屏流離開中頻變壓器次級捲而回至陰極途中，即與濾波容電器 C8 遭遇。C8之容抗對于 465 千赫信號之射頻成份顯出極低，對此信號之聲頻成份則極大，于是使射頻成份直接傍路至陰極，而聲頻成份則繼續流過響度控制器R5而回到陰極。

R5 之數值極高（0.5 兆歐），聲頻電流通過時，即產生一聲頻電壓降，其平均值之極向係永遠使高端對地端爲負。自動響度控制電路係接在此電阻之高端，故可獲得一負電壓，再經濾波電路 R3 C3 變成接近直流之負偏壓，輸至中放級及變頻級之信號柵極上。因此負偏壓係與外來信號強度成正比例變化，較強信號，可自動將該兩級之放大增益減低，故接收機之輸出音量不會隨信號之衰落現象而突變。

6V6 功率輸出級

第一聲頻放大級與功率輸出級（或稱第二聲頻放大級）之間，係採用阻力及容電器耦合電路。C11用以隔絶前級之直流電壓，同時將前級之輸出聲頻電壓耦合至下級柵路。

6V6爲注射功率管，用作甲類功率輸出級時，其屏壓爲250伏，簾柵 250 伏，柵負偏壓12.5伏，屏加載5000歐，總諧波失真爲8%，最大信號功率輸出約 4.5 瓦。柵極之工作偏壓係由陰極偏壓阻R9所供給，陰極傍路容電器C12用以消除R9所產生之負反饋作用。

經 6V6 放大後之聲頻信號，最後由輸出變壓器輸送至揚聲器之音圈內，即產生一變化磁場，推動揚聲器之紙圓錐以產生聲波。

電能供給

本機之電能供給係由全波整流管 5Y3-GT 担任。濾波電路用容電器輸入式，平滑線圈可利用動電揚聲器之勵磁圈，若用永久磁動力式揚聲器，可用一阨流圈代替之。全機所需（B+）電壓爲250伏，總加載電流約78毫安。

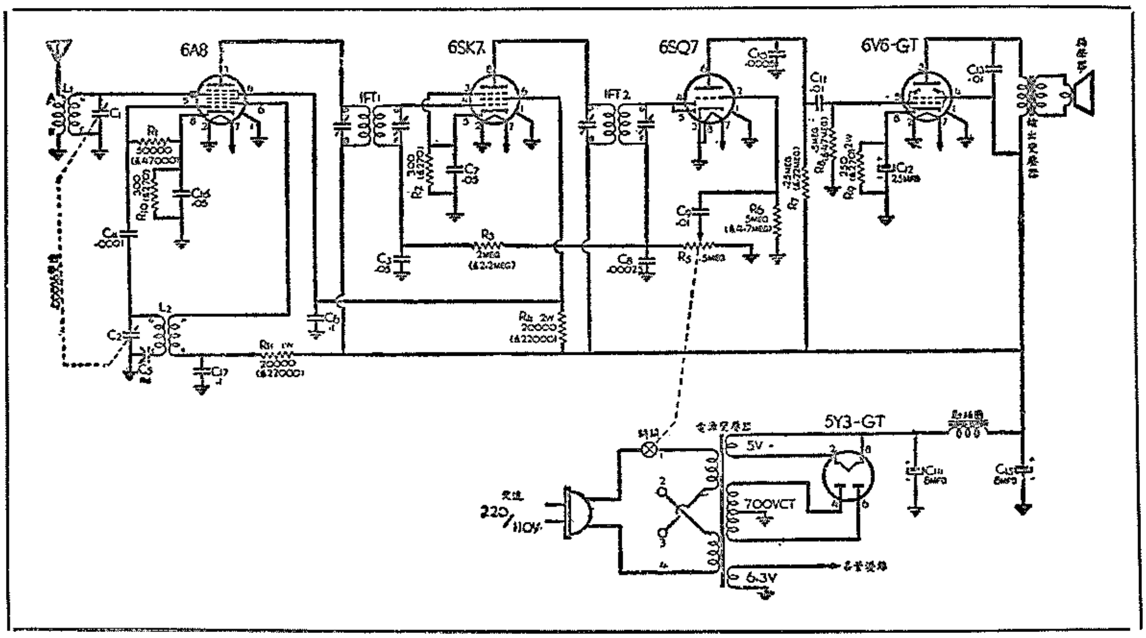


圖 3—53. 五管交流超外差式接收機線路

(必要時可將 L1 之 F 端移接在 C3 之高端，以便供給 AVC 電壓于 6A8 之信號柵上)

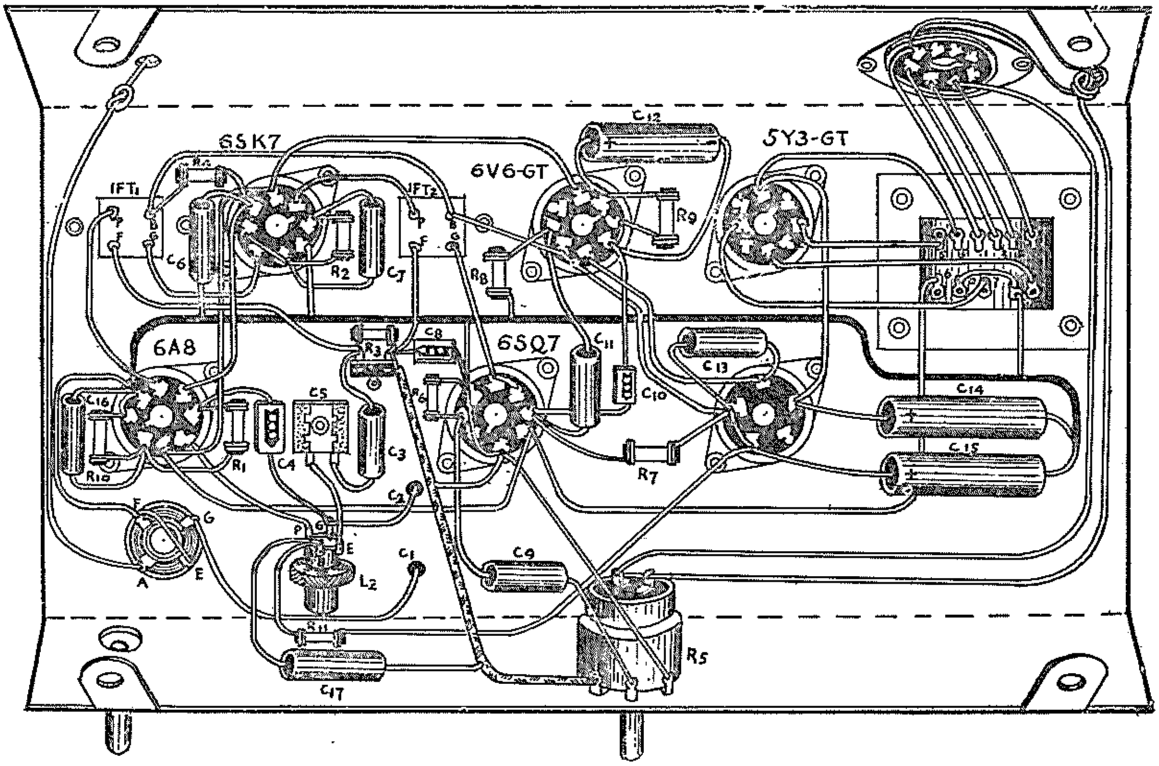


圖 3—54. 五管交流超外差接收機底板裝置圖

電源變壓器之次級捲共分三組：第一爲 5Y3-GT 之5伏，2安燈絲組；第二爲中間分接式高壓組，每邊爲350伏，約40毫安；第三爲各管供熱絲組，電壓爲6.3伏，電流約1.5 安。初級捲分爲兩組：當用於110伏交流電源上，可將兩組並連，即將2接1，3接4；若用於 200伏交流電源上，可將兩組串連，即將2與3相接。

實驗程序：

1. 先將圖 3—53 及圖 3—54 研究清楚，並認明各另件排列位置。接線要短直，銲點要圓滑堅固。
2. 將全部另件由底板移開，清除銲點積錫，及用布抹淨底板。
3. 用歐表將全部另件測驗，若發現有開路或短路，即向教員更換之。
4. 參照圖 3—54 所示，依次裝上下列另件：
   管座——天線線圈——振蕩線圈——兩中頻變壓器——響度控制器——變速調諧容電器——墊整容電器——電源變壓器——揚聲器。
   （注意：安裝管座時，要認定每一管座中心插阻方向）。
5. 將粗裸銅線裝在底板內，作爲B－線。
6. 將6A8，6SK7，6V6-GT等管座第一及第二接脚及6SQ7管座之第八接脚銲接在B—線上。
7. 供熱絲電路銲接：將6A8，6SK7，6SQ7 及 6V6-GT 等管座之第七接脚連貫銲接，再將6SQ7第七脚與電源變壓器6.3伏次級捲一端銲接。將6.3伏次級捲另一端銲接在B—上。
   其次將 5Y3-GT 管座第二及第八接脚與電源變壓器5伏次級捲兩端銲接。
8. 銲接天線及混頻器調諧電路。
9. 銲接振蕩器調諧電路。
10. 依次序銲接以下各管座之另件：
    6A8—6SK7—6SQ7—6V6—5Y3-GT。
11. 銲接揚聲器插座。
12. 銲接響度控制器及電源開關。
13. 銲接自動響度控制電路。
14. 裝上度盆。
15. 全機裝接妥當後，按圖小心複查，用小螺絲批將管座接脚間之殘餘碎錫清除。
16. 阻力測量：將結果用表記錄之。
17. 電壓測量：將結果用表記錄之。
18. 中頻校驗，振蕩調諧電路校驗，及混頻調諧電路校驗。
19. 接上天線，旋度盆，接收本港及澳門各廣播電台之信號。
20. 將實驗結果作一報告書。

討　論：

1. 畧述裝機之程序。
2. 接線過長，有何毛病發生？
3. 釬點鬆脫，有何毛病發生？
4. 畧述再生振蕩器之工作原理。
5. 何謂虛陰極？其功用何在？
6. 何謂空間電荷耦合作用？用何方法以中和之。
7. 6A8管用在短波頻段上，其振蕩頻率何以受AVC電壓所變化？
8. 6SQ7三極部份之柵偏壓如何產生？
9. 若將電解質濾波容器之正端接至底板，負端接至B＋，會有何種意外發生？
10. 何謂調幅失真？應用何法以避免之？

實驗 3——27　6SA7 變頻管廣播接收機裝配

目　的：

與實驗 3—26 相同。

應用儀器：

1　5管交流超外差式另件機（全部如另件表所列）。
1　20,000歐/伏萬用電表。
1　11兆歐輸入阻抗電子管伏表。
1　信號產生器。
1　裝機工具全套。
1　校驗工具全套。
1　RCA電子管讀本。

解　釋：

圖 3—56 為本機線路圖，係以單頭式五柵變頻管6SA7 作變頻級，以 6SK7 作中放級，以 6SQ7 作二次檢波兼作自動響度控制及聲頻放大級，以6V6作功率輸出級，及以5Y3-GT作全波整流器。接收廣播頻段之範圍係由550千赫至1600千赫。中頻率為465千赫。

6SA7五柵變頻管，係採用內柵振蕩器注入法，其性能較6A8為佳。由於其振蕩器部份構造特殊，可以減低信號柵對振蕩屏所引起之效應，故在廣播及短波頻段內，可增進振蕩頻率之穩定度，同時又用哈脫來式振蕩電路，在裝置上又較為簡易。

從圖3—55(A)所示，可知6SA7管各柵之排列情形，從陰極起，其次序如下：

G1. 振盪器控制柵(Oscillator Control Grid)，供作內柵振盪器注入之用。

G2及G4(Screen Grid)內及外簾柵，供作振盪三極管之組合屏極，兩者在管內連接，只用一引線接至管底脚上。在G2兩傍之支柱上裝上一對彎曲集流屏，如圖3—55(B)所示，其功用容後再述。

G3. 射頻信號輸入控制柵，簡稱信號柵(Signal Grid)。

另　件　表

本機所用之另件，除下列各項外，其餘與實驗3—26相同。

(1)要更換之另件：

a. 用6SA7管代替6A8。

b. 將再生式振盪線圈改用哈脫來式線圈。

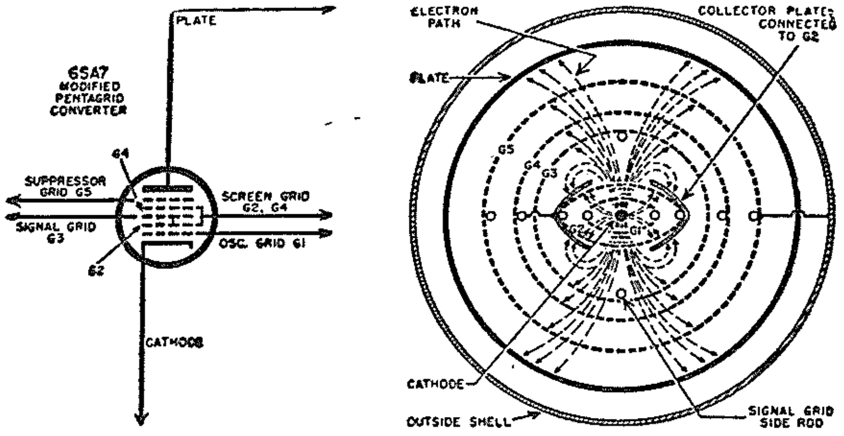
c. 將振盪柵阻R1改用20,000歐，$\frac{1}{4}$瓦電阻。

d. 將簾柵降壓阻R4改用10,000歐2瓦電阻。

(2)免用之另件：

R10, R11, C17等。

G4. 抑制柵(Suppressor Grid)，係將混頻器部份組成五極管性能，以增加管之屏阻及放大增益，因抑制柵係防止二次放射作用，故6SA7用於交直流式接收機內，其屏極工作電壓可低於簾壓，抑制柵可接在陰極或B一上。



(A)　(B)

圖3—55.(A)6SA7五柵變頻管各極之功用及排列。(B)6SA7內部結構之頂視圖形及電子射線之作用。

6SA7之陰極與柵G1, G2, 及G4係分別接至振盪貯能電路(Tank Circuit)及反饋電路而組成一個三極管振盪器，以G1供作振盪器控制柵，G2及G4供作一組合振盪陽極，(看圖3—55及圖3—56)。當離開陰極之電子流趨向屏極時，即受G1之振盪電壓所調制。

通過G1之電子，大部份係被供有高壓之G2所吸收，其餘經G2加速後趨向G4及屏極，在途中再受信號柵G3上之外來射頻信號電壓所調制。故由陰極流向屏極之電子係受振盪及射頻信號電壓調制，於是將外信號及振盪信號混合在管內，使屏流含有兩混合頻率之差頻成份在內。此差頻即等於所需中頻，經固定調諧電路之選擇，輸至中放級6SK7之柵路。

內簾柵G2及接在G2上之集流屏，具有一重要功用，係將信號柵電壓作用在陰極旁空間電荷之效應加以減低。6SA7與6A8管相似，均有一脈動虛陰極結合在內簾柵G2與信號柵G3之間。因信號柵常由自動響度控制電路供給一負偏壓，當電子通過G2趨向屏極前進時，即被信號柵之負電荷所排斥，將大部份電子速度降慢，於是結成一脈動電子霧在G2及G3間，作爲五極混頻器部份之虛陰極；另一部份被斥電子則退回振盪柵G1及主陰極旁邊（看圖3—55B）。任何回頭電子抵達主陰極之週圍時，即影響該區域內之空間荷狀況，使振盪器部份之陰極電流，互導，及輸入容電量發生變化，振盪頻率於是隨之而變。

由圖3—55(B)中觀察，信號柵G3之兩條支柱係位於電子道之中心。每一支柱常供有一負電位，以排斥前進之電子，於是使電子流由中央分裂成雙曲線形射線，由是裝在G2之兩集流屏之位置及幾何角度關係，大部份被G3所排斥而趨向振盪柵及主陰極之回頭電子，即被兩集流屏所吸收，及經過電能供給回至陰極。因此，可以防止回頭電子到達振盪柵及主陰極旁，故信號柵電壓只有輕微效應施於主陰極旁之空間電荷及陰極電流上；同時，可變自動響度控制偏壓輸至混頻器部份，亦只能使振盪器互導及G1輸入容電量產生微少之變化。

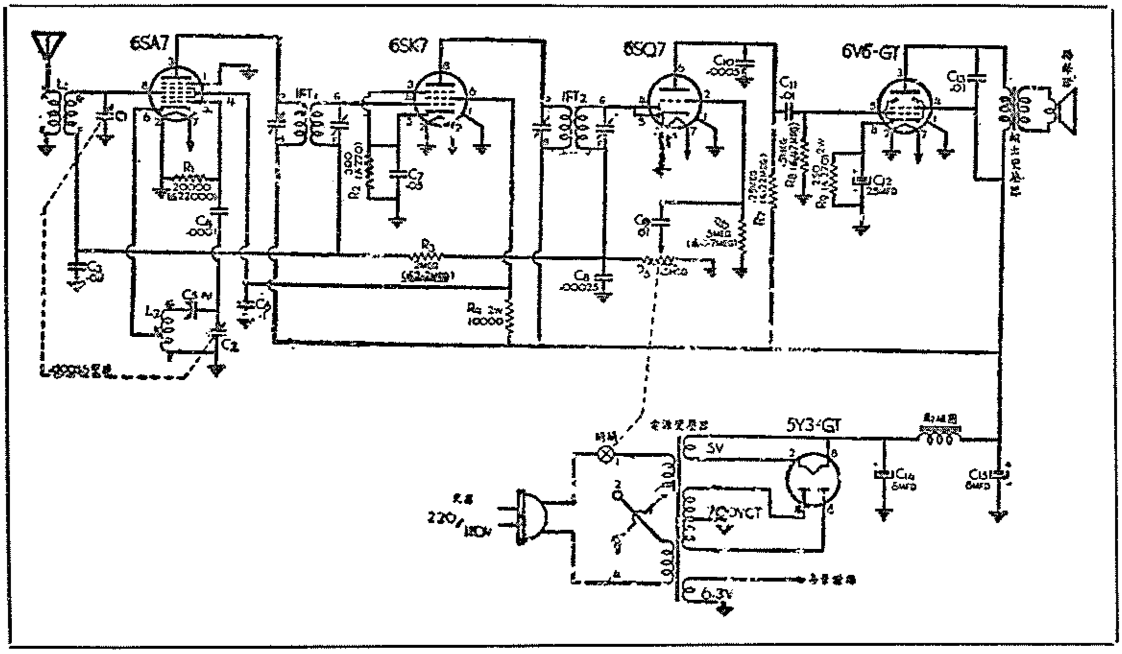
基於以上所述，當6SA7變頻管工作於20兆赫以下之頻率內，振盪器頻率幾乎不受自動響度控制偏壓所影響。

6SA7亦與6A8管相似，在信號柵及振盪柵間亦有空間電荷耦合作用存在；當振盪頻率高於信號頻率一個中頻數時（即振盪頻率等於信號頻率加中頻率），經空間電荷耦合饋至信號柵調諧電路之反相振盪電壓，即成衰減作用，使變頻互導及增益降低。在廣播頻段內，空間電荷耦合效應可忽畧不計，但在短波頻段內，頻率愈高，其效應愈厲害，故在6兆赫以上可用一分離振盪器，而將6SA7改爲電子耦合混頻器，及在6SA7管之信號柵與振盪柵間接上一絞合線容電器（約1微微法）以中和之。

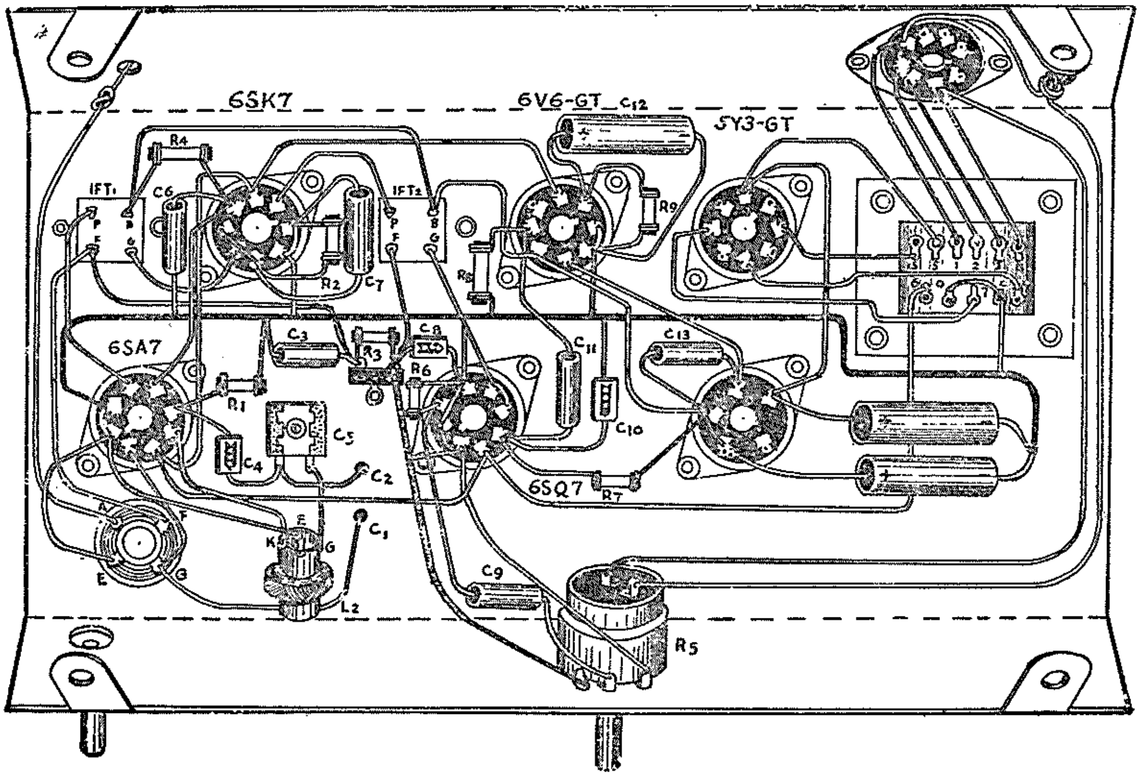
由於6SA7之結構改進，其性能比6A8較佳。其最大優點爲振盪器幾乎完全不受自動響度控制偏壓變化而致解諧。所用抑制柵裝置，可增加變頻互導（大約450微姆）及屏阻（1兆歐）。結果，此類管用在廣播波段及6兆赫以下，可獲得較高增益。在6兆赫以上，照上述方法，改用一分離振盪器，亦可增進其性能。

與6SA7同類五柵變頻管計有：6BE6, 7Q7, 12SA7, 12BE6, 14Q7 及 1R5等。6SA7與6BE6及7Q7之供熱絲電壓均係6.3伏，專用於交流或交直流式機內；12SA7, 12BE6及14Q7，均係12.6伏，專用于交直流式機內；1R5之絲壓係1.4伏，專用於直流機或三用式機內。

圖3—56係用6SA7管作變頻級之最流行接收機電路。當外來射頻信號由調諧電路L1-C1所選擇而輸至變頻級之信號柵G3時，即將由陰極射至屏極之電子流加以調制。本機振盪器係採用哈脫來式電路，本來亦可用其他振盪器電路，但因哈脫來式振盪器係振盪容易



3—56. 五管交流式接收機線路圖
（或用小型管：6BE6, 6BA6, 6AV6, 6AQ5-A）



3—57. 五管交流式接收機底板裝置圖

而穩定，裝置簡單而經濟，尤其是用於多波段接收機內，可將頻段開關裝置簡化。振盪器貯能線圈L2係分接成爲一個單捲變壓器，使總陰極電流通過分接點之下部。當陰極電流變化時，即感應一相對電壓在線圈之上部；此感應電壓輸至振盪柵G1，及建立正反饋作用以產生振盪，因此，線圈之下部係作爲反饋線圈。振盪頻率係由調諧電路之L2全部線圈，調諧容電器振盪組C2及墊整容電器C5所組成之常數所決定。在設計上，振盪頻率係用高界式，當雙連調諧容電器旋轉時，外來射頻信號即與振盪頻率信號在變頻級混合而起差頻作用，差出之頻率係等於所需中頻（即振盪頻率fo減信號頻率fs等於中頻fi）。柵漏電阻R1用以供給振盪柵G1之工作偏壓。

實驗程序：

與實驗3—26之實驗程序相同。

討論：

1. 6SA7之G2兩傍裝有一對集流屏，其功用何在？
2. 6SA7之信號柵兩側支柱，何以裝在電子道之中心？
3. 何以6SA7工作在短波頻段上，其振盪頻率不會受AVC電壓所變化？
4. 畧述哈脫來式振盪器之工作原理。
5. 如何分辨出單捲式振盪線圈之三個接點正確位置？

實驗3——28　5管交直流超外差式機裝配

目的：

與實驗3—26相同。

應用儀器：

1 標準5管交直流超外差式另件機，全部另件如附表所列。
1 裝機工具全套。
1 校驗工具全套。
1 20000歐/伏萬用電表。
1 1000歐/伏萬用電表。
1 11兆歐輸入阻抗電子管伏表。
1 信號產生器。
1 R.C.A.電子管讀本。

解釋：

本機電路如圖3—59所示，其工作原理與東南動電示教板E.T.R. No. 2相同。

此機乃用雙連式共軸調諧容電器，振盪組爲特製切片式，對於頻率低端跟踪校驗，不需串連墊整容電器。在高端跟踪校驗，可調節並連修整容電器。

實驗程序：

1. 用歐表將另件表所列各另件檢驗，並說明其功能。
2. 參考圖3—58，3—59及3—60所示，認識各另件位置，及接線方法。

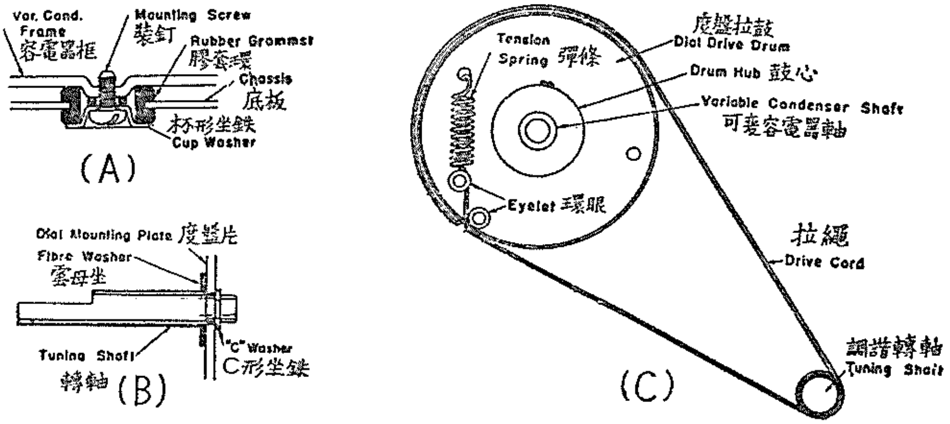


圖 3—58. 調諧容電器及度盆裝置解剖

3. 將全部管座裝在底板上，各管座中心插咀方向如圖3—60所示。
4. 裝上響度控制器，其位置接耳，須與底板小孔吻合，以免旋轉。
5. 照圖3—58(A)所示，用三只軟膠環，套入底板三孔內，將調諧容電器裝上。
6. 裝上中頻變壓器，將各引線移至正確接點上。

另　件　表

1　雙連調諧容電器，365微微法
1　環狀天線圈
1　振蕩線圈
1　輸入中頻變壓器，455千赫
1　輸出中頻變壓器，455千赫
1　底板，$3\frac{7}{8}$"×$9\frac{1}{2}$"×2"
1　電動揚聲器連輸出變壓器
1　響度控制器連開關
1　20—20微法150伏濾波容電器
2　0.02微法400伏紙質容電器
1　0.05微法，400伏紙質容電器
1　0.05微法，200伏紙質容電器
1　0.002微法，600伏紙質容電器
2　0.00025微法，雲母容電器
1　0.0001微法，雲母容電器
1　150歐，$\frac{1}{4}$瓦電阻
1　20,000歐，$\frac{1}{4}$瓦電阻
2　500,000歐，$\frac{1}{4}$瓦電阻
1　3兆歐$\frac{1}{4}$瓦電阻
2　15兆歐，$\frac{1}{4}$瓦電阻
5　八脚管座（或七脚小型管座）
1　電源接線連插頭
1　度盤架，旋軸，及度數盤
1　度盤指針及拉鼓
1　度盤拉線及彈條
1　纖維坐鐵及"C"坐鐵
1　環狀天線裝架
3　調諧容電器裝置膠環
3　調諧容電器裝置杯形坐鐵
3　調諧容電器裝置間格坐鐵
1　3/8 吋膠環
1　接耳
2　旋球
1　指示燈座及6—8伏47號指示燈
22　井6—23×1/4"銅螺旋
21　井6鎖坐鐵
21　井6—32六角旋母
2　井8—32×38銅螺旋
2　井8鎖坐鐵
1　綠絞合接線
2　粗接線
1　105/36裸銅線
1　12SA7, 12SK7, 12SQ7, 50L6GT 及 35Z5GT（或用12BE6, 12BA6, 12AV6, 50C5 及35W4）

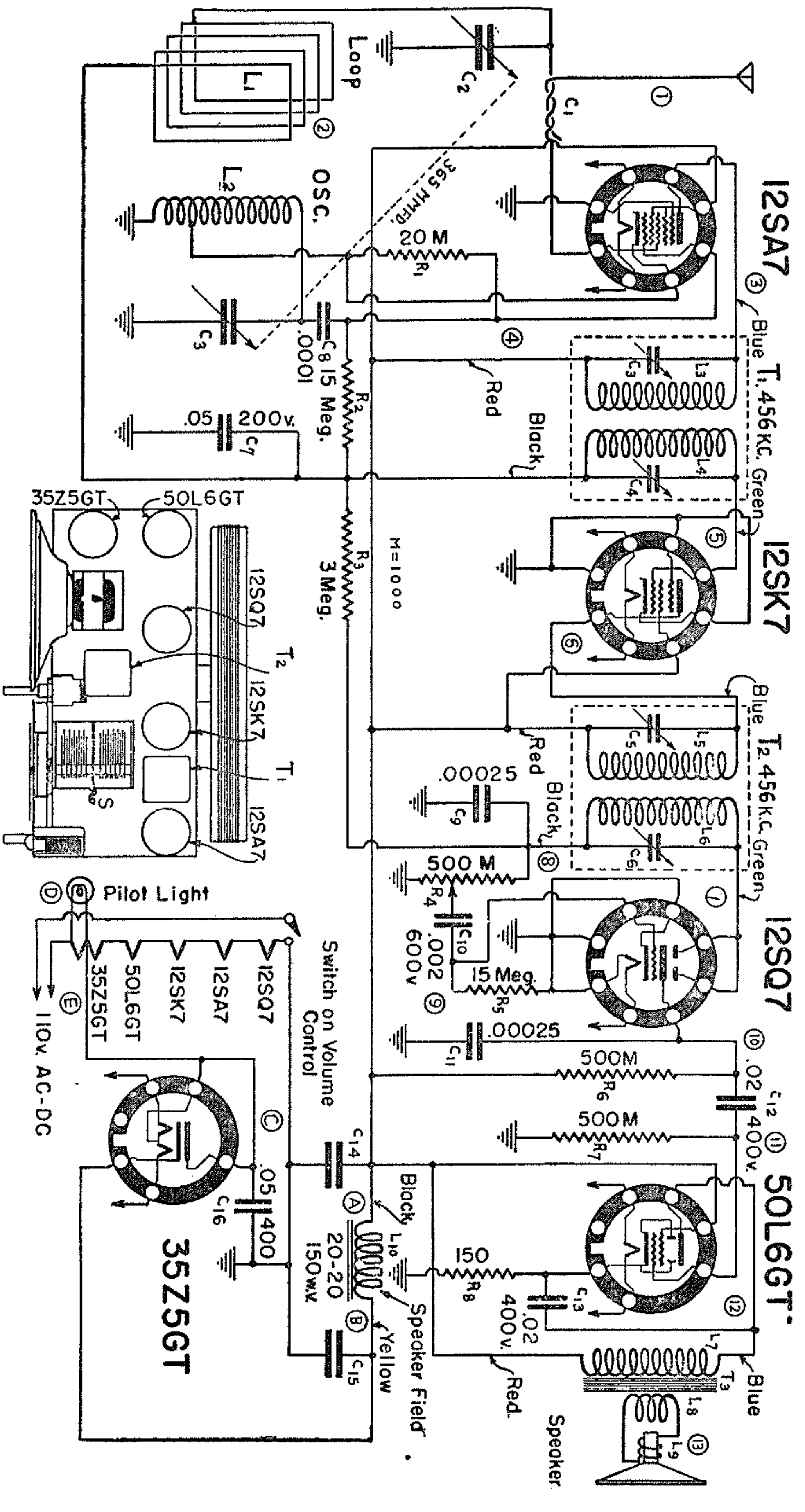
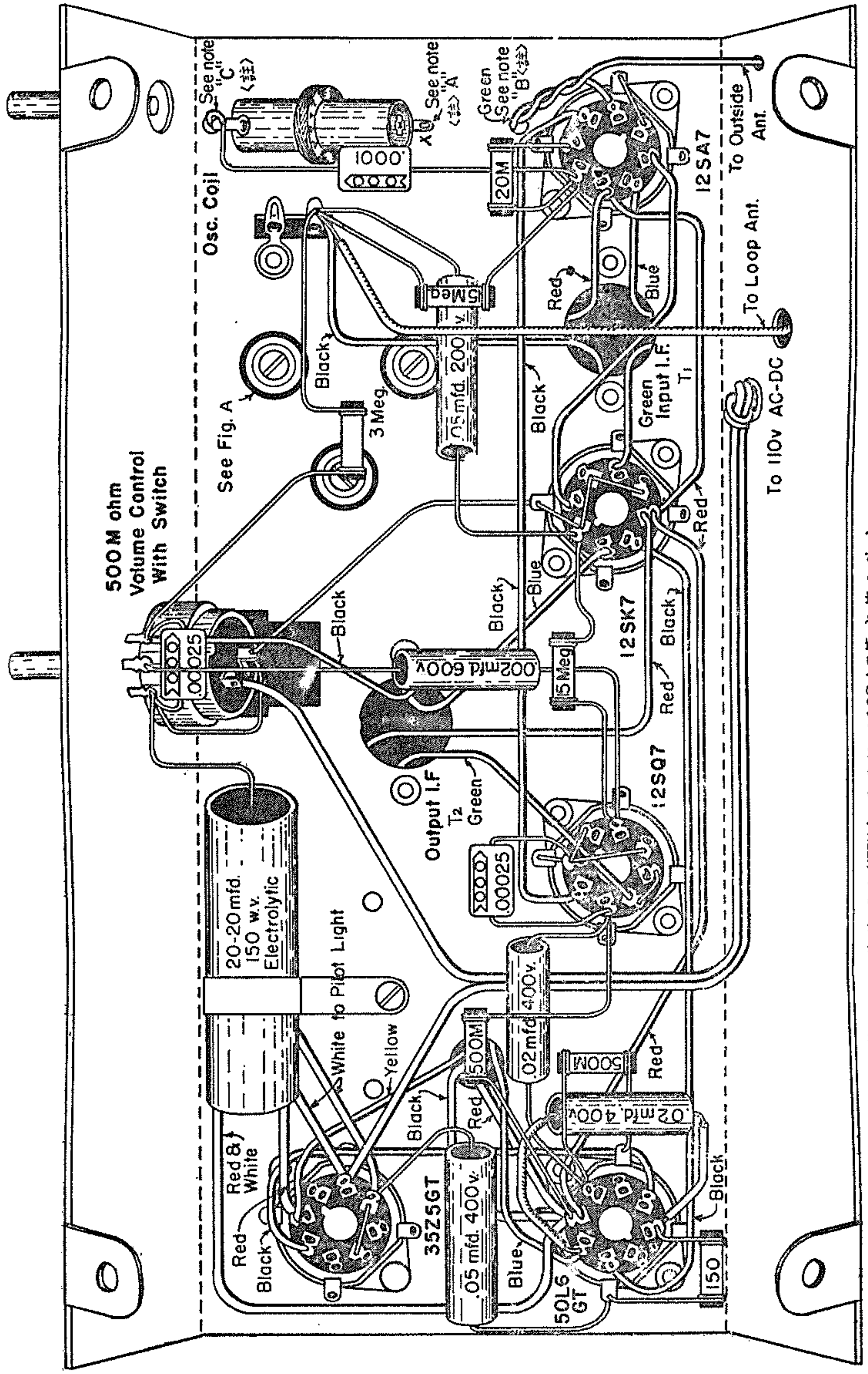


圖3—59.最流行之交直流超外差式接收機電路。(1)至(13)為信號測驗點。
(A)至(E)為電能供給電壓測驗點。
(或用小型管：12BE6, 12BA6, 12AV6, 50C5, 35W4)



說明："A"在振蕩線圈上"X"針耳乃接至12SA7管座第六腳上。
"B"外便天線引線乃與12SA7管座第8腳至調諧容電器射頻組靜片間綠色接線絞合。
"C"在振蕩線圈上之針耳乃接至調諧容電器振蕩組靜片上。

圖 3—60. 標準五管交直流超外差接收機底板裝置圖

7. 裝上揚聲器，將輸出變壓器之引線通過揚聲器背後之小孔。
8. 照圖 3—60 所示，裝上乾式電解質容電器。
9. 照圖 3—58 (B) 所示，對度盤架內調諧旋軸裝上。
10. 將度盤架（及調諧軸）裝在共軸調諧容電器前面。
11. 照圖 3—58 (C) 所示，將度盤拉繩裝上。
12. 將度盤裝入度盤架內。
13. 將指示燈裝在盤上右角。
14. 用一螺旋及鎖坐鐵，將環狀天線圈裝在底板背後。
15. 將各管座燈絲接線依次釬合。
16. 依下列次序，將各管座間另件釬接：35Z5GΓ—50L6GT—12SQ7—12SK7—12SA7。用色筆將已釬妥部份劃上，以資識別。
17. 全機接線釬妥後，重複按圖檢查一二次，並用歐表測驗B＋與B－間有無短路。
18. 測驗：
    電阻測量——電壓測量——校驗——增益測量——接收電台信號。
    將以上每須結果記錄之，並作一報告書。

討　　論：

將每項結果詳細論之。

實驗 3——29　兩頻段五管交流超外差式機裝配

目　　的：

與實驗 3—26 相同。

應用儀器：

1　兩頻段五管交流超外差式接收機，全部另件如附表所列，其餘與實驗3—27相同。

解　　釋：

本機線路如圖3—61所示，除增加一短波頻段外，其餘完全與實驗3—27之線路相同。所增之短波頻段係由 6 兆赫至18兆赫，即係由16公尺至50公尺。

實驗程序：

參照圖3—62所示，先認定各另件排列位置，再依照實驗3—26之實驗程序，進行工作。

另　件　表

全部另件除與實驗 3—27 相同外，要增加以下各項：

（1）L3 L4——變頻管6SA7所用之6—18兆赫短波頻段線圈一套，包括天線圈L3及振盪線圈L4各一只。

（2）C16, C17, C18, C19——修整容電器各一只。

（3）C20——0.006微法雲母固定容電器，用作短波段之墊整容電器。

（4）S1 S2 S3 S4——四刀雙擲波段開關一只。

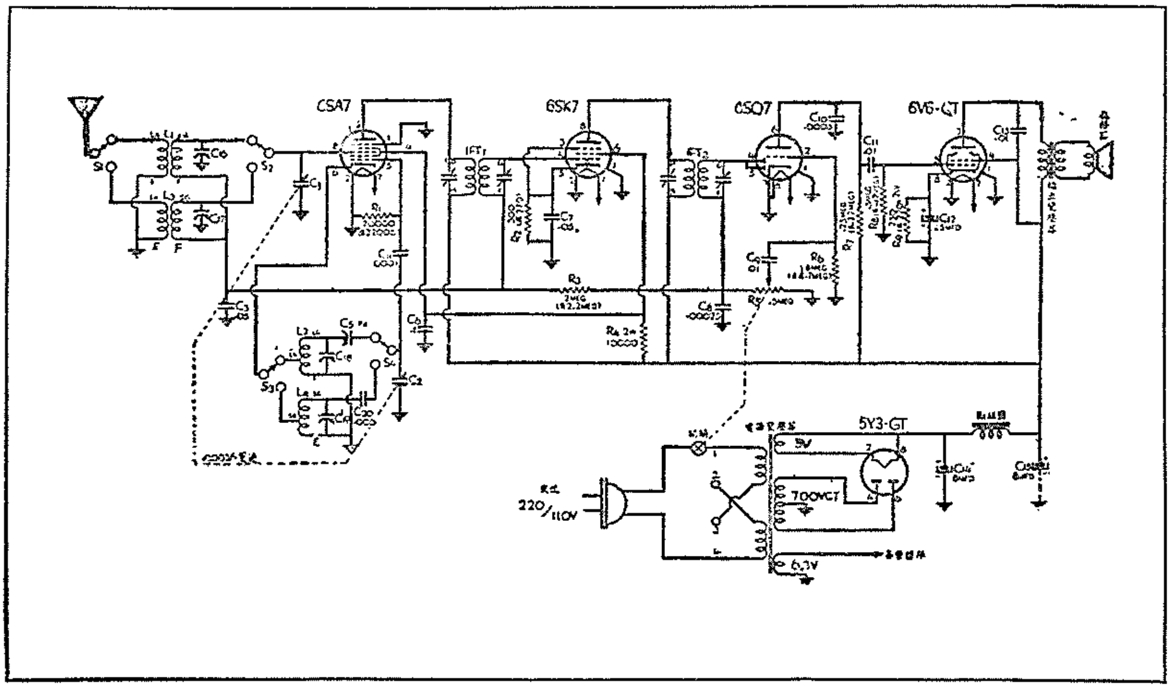


圖 3—61. 兩頻段交流超外差式機線路圖

(或用小型管：6BE6, 6BA6, 6AV6, 6AQ5-A)

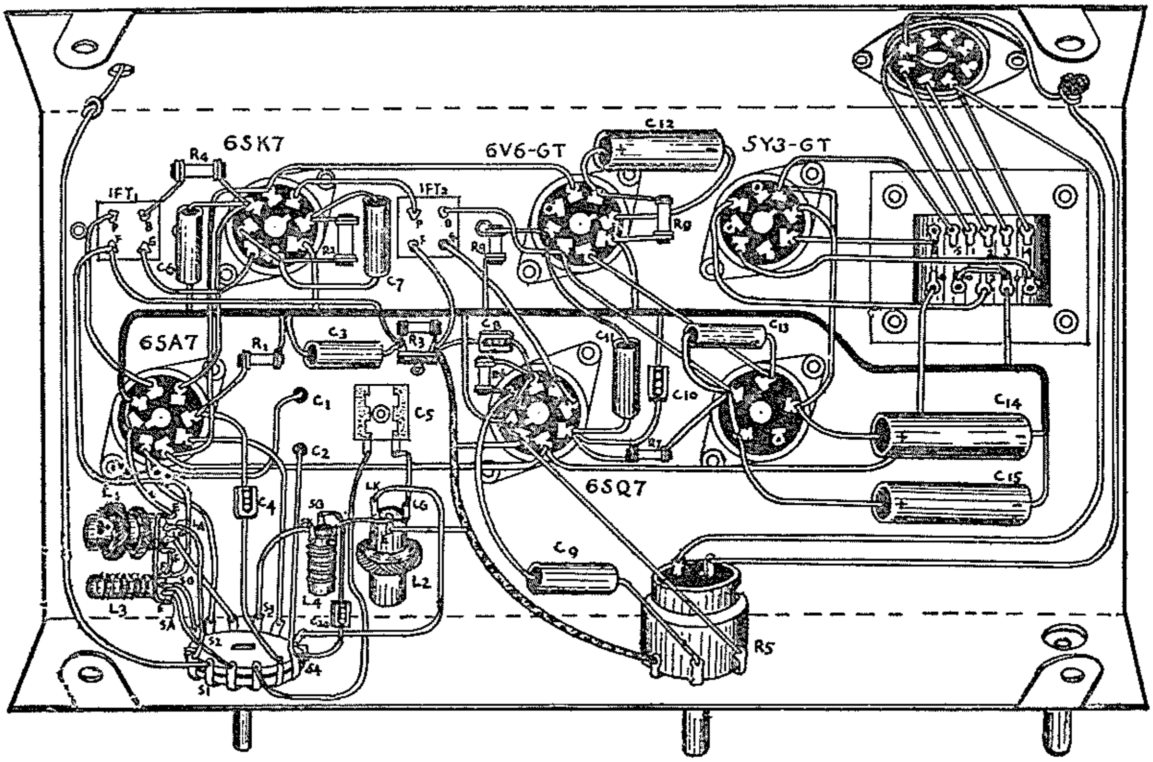


圖 3—62. 兩頻段交流超外差式機底板裝置圖

實驗 3——30　晶體管超外差式接收機測驗

目　　的：

1. 認識晶體管超外差式接收機各級之作用。

2. 測量各級之工作電壓及電流。

3. 調節中頻變壓器在所需中頻上。

4. 調節振盪及射頻調諧電路之準確同步跟踪頻率，及校準度盆之頻率讀數，以獲取接收機之最高靈敏度，選擇度及傳真度。

應用儀器：

1 東南晶體管接收機動電示教板T.R. No. 1。

1 RCA WV-77 真空管伏表。

1 RCA WR-50B 信號產生器。

1 RCA WV-76A 交流真空管伏表。

1 RCA WV-38A 萬用電表。

1 校驗工具。

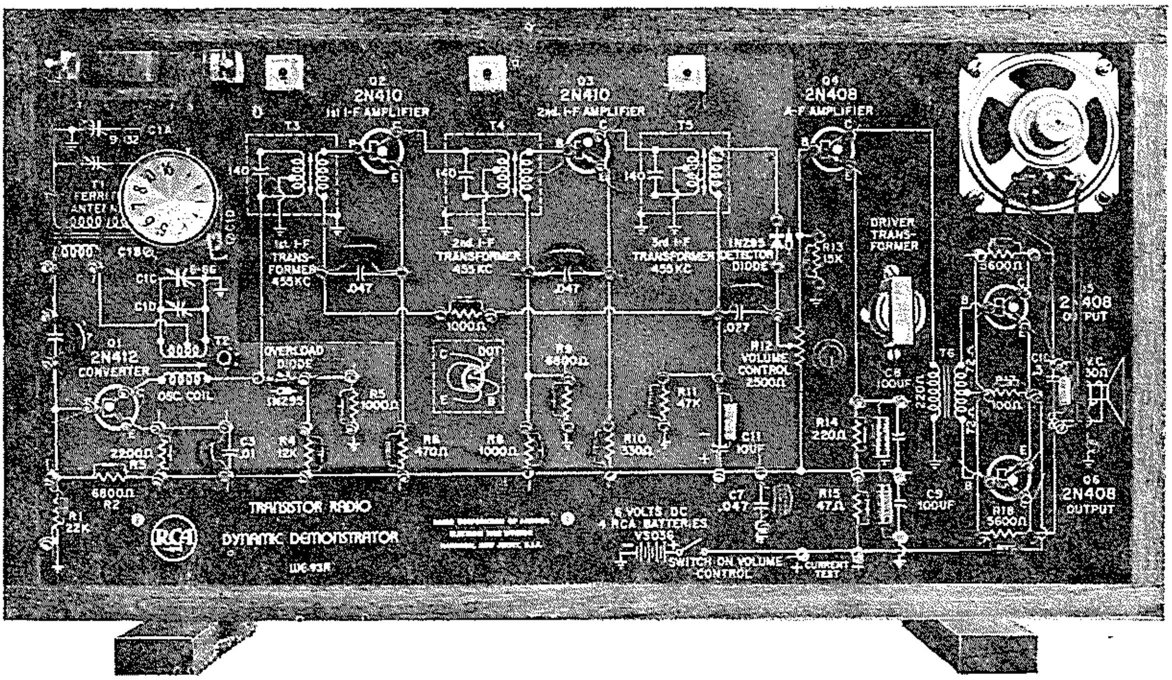


圖 3—63. 東南晶體管接收機動電示教板 T.R. No. 1 (RCA WE-93A)

解　　釋：

本機之實物線路如圖 3—63 所示，全部用晶體管設計，以 2N412 (Q_1) 作變頻級，以 2N410 (Q_2) 作第一中放級，以 2N410 (Q_3) 作第二中放級，以 1N295 作二極檢波級，以 2N408 (Q_4) 作聲頻放大級，以兩個 2N408 (Q_5及Q_6) 作推挽式輸出級。6 伏直流電能供給，係由4個1.5伏乾電池串連所組成，各管電極之電壓數值如下表所示：

晶體管	基極 (伏)	集極 (伏)	射極 (伏)
Q_1	5	0	5
Q_2	6	0	6
Q_3	5.5	0	5.5
Q_4	5.5	0.6	5.5
Q_5	6	0.5	6
Q_6	6	0.5	6

全機之電流在响度控制器旋至最低時大約爲 20 毫安，旋至最大時大約爲 80 毫安。

本機具有一天线射頻調諧電路 T_1，一振蕩器調諧電路 T_2，及三個中頻變壓器 T_3，T_4，T_5，接收頻率範圍爲 550 千赫至 1620 千赫。中頻率爲 455 千赫。

實驗程序：

第一步靜電測量

1. 用真空管伏表，依次測量 Q_6，Q_5，Q_4，Q_3，Q_2，及 Q_1 各極間工作電壓，用表列上。

2. 用直流毫安表，依次測量 Q_6，Q_5，Q_4，Q_3，Q_2，及 Q_1 各極工作電流，用表列上。

第二步中頻校驗

3. 參照圖 3 64 所示，將射頻信號產生器輸出线熱线串連 0.01 微法容電器，接在天线調諧電器靜片接耳上 (位于調諧容電器之右方)，冷线接在地上，旋度盆至 455 千赫調幅信號。

4. 將交流真空管伏表跨接在揚聲器音圈間，旋電壓範圍開關至 3 伏位置。

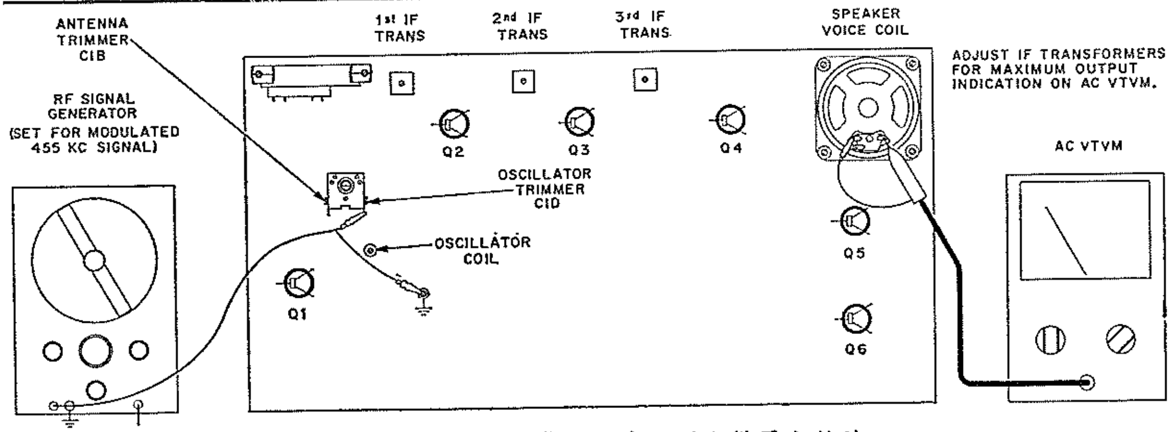


圖 3-64. 校驗中頻變壓器時，測驗儀器之接法。

5． 將示教板之調諧器旋至無信號輸入位置，大約1600千赫，旋响度控制器至最大。

6． 調節信號產生器輸出，使接在音圈間之交流伏表指在一伏輸出電平上。

7． 用校驗棒，調節第三中頻變壓器 T_5 至最大輸出。必要時，可減低信號產生器輸出，以維持一伏電壓在輸出表上。

8． 其次，調節 T_4 及 T_3 至最大輸出。

9． 再依程序 7及8 重作若干次，直至獲得最佳效果。

第三步振蕩器電路校驗

10. 依照圖 3—65 所示，將信號產生器之輸出熱线由調諧容電器移開，接上一至二呎長導綫，將導綫移近天綫綫圈，以便拾取射頻信號。

11. 旋信號產生器至1620千赫，旋調諧容電器至出盡位置。調節振蕩器之修整容電器 C1-D（位于調諧容電器右方）至最大輸出。

12. 旋信號產生器至 600 千赫。將調諧容電器旋至 600 千赫位置左右擺動，同時調節振蕩綫圈 T_2 之鐵粉芯，互相配合，直至輸出達到最大爲止。

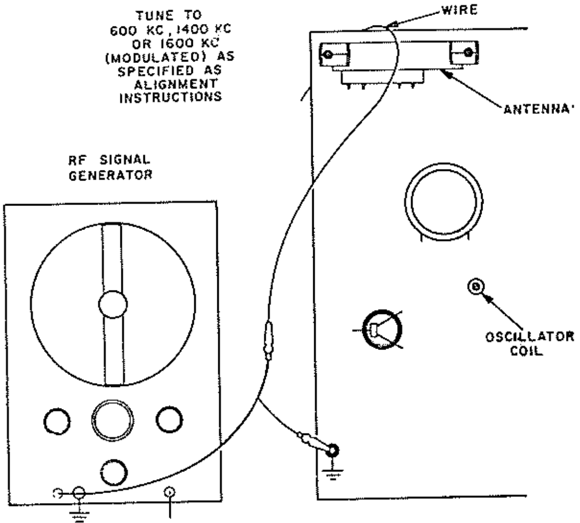


圖 3-65. 校驗振蕩器電路之裝置。

第四步混頻級電路校驗

13. 將信號產生器旋至1400千赫，旋調諧容電器至1400千赫，調節天綫修整容電器 C1-B（位于調諧容電器之左方）至最大輸出。

14. 依照程序 11，12及13，再作一二次以獲得最佳效果。

15. 全機校驗妥當，將信號產生器移開，旋度盆接收各廣播電台節目。

實驗 3—31　接收機動電修理技術——信號尋跡法之一

目　　的：

1. 分析接收機各測驗點之信號頻率。
2. 用動電測驗法尋出接收機之故障來源。
3. 熟練信號尋跡修理技術之第一種基本方法。

應用儀器：

1 — 東南電子管接收機動電示教板 E. T. R. No. 1
1 — 調幅式射頻信號產生器。
1 — 視聽兩用式信號尋跡器。
1 — 真空管伏表。
1 — 校驗器。

解　　釋：

1. 動電修理技術

動電修理技術之最大優點，係能以最迅速時間，配合最簡易方法，尋出一般接收機各級內之主要故障來源，而獲得最精確之效果。動電法可分兩種測驗程序：（1）信號尋跡法（Signal Tracing）；及（2）信號注入法（Signal Injection）。

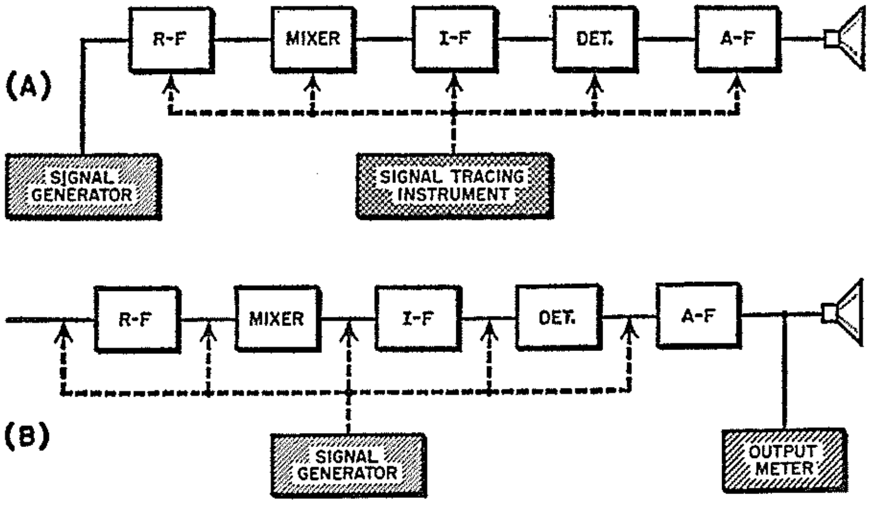


圖 3—66· 動電修理技術可分為信號尋跡及信號注入法。（A）表示信號尋跡系統，（B）表示信號注入系統。

圖 3—66 係表示每種方法之基本步驟，用一示範超外差接收機之簡圖作爲舉例。(A)表示信號尋跡法，將信號產生器之輸出信號輸至接收機天線電路內，用高靈敏度之信號尋跡機，由天線起經射放級，混頻級而移向揚聲器，逐級加以測驗，直至發現某點信號不正常時，並可尋出其病源。

圖 3—66（B）表示信號注入法，係將信號產生器之輸出所需測驗信號，由揚聲器起至天線止，依次逐級注入各測驗點，直至發現某點信號不正常，並可尋出其病源。在輸出電路內之信號指示，可得自揚聲器，輸出表，或示波器等。

所謂信號不正常，係指該測驗點之信號強度太低，或無信號輸出，或干擾信號，或振盪，或失真，或過載，或有交流聲，或信號電壓不平衡等病狀。故動電測驗，實爲接收機全部功能測驗，並以所需信號爲測驗之基本對象。

何以選擇信號爲測驗之基本對象？因信號爲全部無線電交通系統之通分母也。一般無線電接收機或發射機之設計方式雖互不相同，但彼此共同之工作目標則一，即係接收或發射所需之無線電信號。各式接收機或發射機，不論其製自何國，不論其設計方式如何，彼此均工作于所需信號上。當輸出信號正常時，即表示該機在正常工作狀況中，反之，即發生各種故障。由此可知信號爲無線電交通系統之通分母，成爲動電修理法之主要因數。

2. 接收機不能收音

將一部不能收音接收機修理時，第一要問明病象，第二用觀察方法檢查，第三測驗電能供給部份，將真空管伏表旋在所需電壓範圍上，依圖 3—67 所示，由(A)至(F)，測量各種電壓。若記錄正常，即將响度控制器旋至最大，及將音調控制器旋至最小低音位置。

其次將信號產生器電源開關閉合，將輸出熱引線串連一代真天線，接在接收機天線柱上，冷線接在底扳上。將衰減器旋在 100,000 微伏（即 .1 伏，代表本地電台信號），將調諧器旋在 600 千赫上，及將調制開關閉合。

其次將信號尋跡器電源開關閉合，待熱至數分鐘後，即依下列程序，將探針依次觸在各測驗點上，並可尋出接收機故障來源。

第一步：

將探針觸在（1）點，並將接收機旋在 600 千赫位置左右，若信號尋跡器無輸出（即信號尋跡器之揚聲器無 400 赫聲音發出時，或電子光示管影角不縮小時）證明：

1—a. 天線變壓器初級圈短路。

1—b. 天地線接柱短路。

第　二　步：

若有聲音輸出時，證明天線電路正常，即將探針觸在第（ 2 ）點上，同時將接收機調諧器在 600 千赫左右慢慢擺動，直至聽到聲音比前稍大時，證明天線調諧電路工作正常。若無輸出，可證明：

2—a. 天線變壓器初級圈開路。

2—b. 天線變壓器次級圈開路或短路。

2—c. 共軸調諧容電器天線組短路或開路，或修整容電器短路。

2—d. 射放管柵陰間短路。

第　三　步：

將探針觸在第（ 3 ）點上，若輸出比前較大，表示射放級放大工作正常，可將信號尋跡器之增益控制器旋至中等音量輸出，剛使光示管之影角閉合爲標準。若無輸出，即證明：

3—a. 射放管失效，更換好管試之。

3—b. 陰極電阻開路。

3—c. 射頻變壓器初級圈短路或開路。

3—d. 屏消耦電阻開路，或旁路容電器短路。

3—e. 簾消耦電阻開路，或旁路容電器短路。

第　四　步：

將探針觸在第（ 4 ）點上，若輸出比前稍大，表示射頻調諧電路工作正常。若無輸出，即證明：

4—a. 射頻變壓器次級開路。

4—b. 共軸調諧容電器射頻組短路或開路，或修容整電器短路。

4—c. 變頻管信號柵與陰極短路。

第　五　步：

先將探針觸在第（ 6 ）點上，若輸出比前增大，表示變頻級放大增益正常，可將信號尋跡器旋至中等音量輸出，剛使影角閉合爲標準。若無聲音時，將探針觸在第（ 5 ）點上，或振蕩調諧電路熱點上，此時若電子光示管影角不變，即證明本機振蕩器發生故障：

5—a. 振蕩柵漏電阻短路或開路。

5—b. 振蕩柵容電器開路。

5—c. 共軸調諧容電器振蕩組短路或開路。

5—d. 墊整容電器開路。

5—e. 修整容電器短路。

5—f. 振蕩線圈短路或開路。

5—g. 再生圈開路，振盪陽柵降壓阻開路，或旁路容電器短路。
5—h. 變頻管振盪部份失效。

第　六　步：

若變頻級工作正常，再將探針觸在第（6）點上，若依然無輸出，即證明：
6—a. 變頻管混頻部份失效。
6—b. 輸入中頻變壓器初級圈開路或短路，或修整容電器短路或失調。
6—c. 屏消耦電阻開路，或旁路容電器短路。
6—d. 簾消耦電阻開路，或旁路容電器短路。
6—e. 陰極電阻開路。

第　七　步：

若變頻級工作正常，可將探針觸在第（7）點上，若無輸出，即證明：
7—a. 輸入中頻變壓器次級圈短路或開路，修整容電器短路或失調。
7—b. 中放管柵陰間短路。

第　八　步：

將探針觸在第（8）點上，若中放級放大工作正常，信號尋跡器之聲音必比前較大，可旋至中等音量輸出。若無聲音。可證明：
8—a. 中放管失效。
8—b. 陰極電阻開路。
8—c. 輸出中頻變壓器初級圈開路或短路，修整容電器短路或失調。
8—d. 屏或簾消耦電阻開路，或旁路容電器短路。

第　九　步：

若中放級工作正常，可將探針觸在第（9）點上，若無聲音，證明：
9—a. 輸出中頻變壓器次級圈短路或開路，修整容電器短路或失調。
9—b. 二次檢波管屏陰間短路。

第　十　步：

若信號尋跡器探針觸在第（9）點上，有中等音量輸出時，而接收機揚聲器依然無聲，證明故障來源在聲放級間。將探針觸在第（10）點上，若無聲音，證明：
10—a. 二極檢波管失效。
10—b. 濾波旁路容電器短路，或濾波電阻開路。
10—c. 响度控制器（即加載電阻）開路或短路。

第十一步：

若在第（10）點上有聲，可將探針觸在第（11）點上，若無聲音，證明：

11—a. 耦合容電器開路。

11—b. 第一聲放管柵阻短路或開路。

第十二步：

將探針觸在第（12）點上，若聲音比前响亮，證明第一聲放級放大增益正常，將信號尋跡器旋至中等音量輸出。若無聲時，證明：

12—a. 第一聲放管失效。

12—b. 屏加載電阻開路或短路。

12—c. 屏濾波旁路容電器短路。

第十三步：

將探針觸在第13點上，若無聲音，即證明：

13—a. 耦合容電器開路。

13—b. 輸出管柵阻開路或短路。

13—c. 輸出管柵陰間短路。

第十四步：

將探針觸在第（14）點上，若聲音比前响亮，證明輸出級工作正常，調節至中等音量輸出，若無聲時，證明：

14—a. 輸出管失效。

14—b, 輸出變壓器初級短路或開路。

14—c, 屏濾波容電器短路。

14—d. 陰極電阻開路。

第十五步：

若在（14）點已有聲音，但接收機依然無輸出，證明接收機揚聲器部份發生故障。將探針觸在（15）點，因該點電壓比（14）點較低，尋跡器輸出亦較低。若無聲音，證明：

15—a. 輸出變壓器次級開路或短路。

15—b. 揚聲器音圈開路或短路。

照以上信號尋跡程序，當探針觸在某種位置上無輸出時，可判定該級或該電路發生故障。再用電壓及阻力測驗方法，檢出損壞另件更換之。

爲求節省時間起見，當修理時，可先將探針觸在（10）點上，若尋跡 有輸出，證明二次檢波級至天線間工作正常，接收機之故障，必在第一聲放級至揚聲器間，即依次測驗之。

3. 收　音　微　弱

若接收機工作正常，當探針由天線起至輸出級（揚聲器例外）止，依次觸在各測驗點時，尋跡器之輸出必然逐漸比前响亮。至于測驗收音微弱之接收機，當探針觸在某級輸出測驗點上，所得聲音若比前較弱，證明該級工作反常。

測驗時，最好將接收機調諧本港電台作信號，或用作信號產生器之已調射頻信號代替之。

4. 間　歇　收　音

決定間歇收音故障發生之正確位置，可先將探針觸在二次檢波屏極第（ 9 ）點上，將接收機電源開關突閉，並用絶緣棒將天線至二次檢波級間接線推動，若尋跡器發出間歇聲音，證明故障來自放射級，變頻級，或中放級。即可將探針依次由（ 1 ）至（ 9 ）分別觸在各點上，以找尋發生故障位置。若在第（ 9 ）點收音正常時，故障來源證明在檢波級至揚聲器間，可同樣依次序測驗之。

5. 嘈音，交流音，或失真。

由接收機揚聲器（15）點起，至天線（ 1 ）點止。將探針依信號尋跡相反程序，觸在各測驗點，直至嘈音，交流聲，或失真消失時，證明所測最後一級發生故障，可用電壓及阻力測量法，尋出損壞另件，或用好管試之。嘈音常有不良電子管，鬆脫焊點，或斷續電阻所產生。失真常由不正確工作電壓，漏電耦合容電器，短路旁路容電器，或變值電阻所形成。交流音則常由損壞濾波容電器所產生，可用一個良好20微法/450伏電解容電器跨過測驗之。

實驗程序：

1. 用真空管伏表測量電源供給（A）至（F）各點間電壓，並用表記錄之。

2. 依照解釋第（ 2 ）項所述方法，由天線起至揚聲器止，依次將尋跡器探針觸在各測驗點上，照每一步驟所示之故障，將每一測驗點電路加以開路或短路（注意：B+不可短路），觀察輸出聲音。並測量其工作電壓，及直流阻力數值。將每一項結果記錄之。

3. 依照程序（ 2 ），用電子光示器，作視覺尋跡一次，並測量各點自動响度控制電壓，將每項結果記錄之。

4. 依照程序（ 2 ），用真空管伏表作視覺尋跡一次，並測量各點自動响度控制電壓。將每項結果記錄之。

5. 照解釋第（ 3 ）項所述方法，依次將各級換上衰弱電子管，及移開陰極旁路容電器，以測驗收音微弱故障。並測量各級工作電壓及直流阻力，將每項結果記錄之。

6. 依照解釋第（ 4 ）項所述方法，依次將每級各另件任意開閉，以測驗間歇收音故障。將每項結果記錄之。

東南電子管接收機動電示教板 E. T. R. No. 1

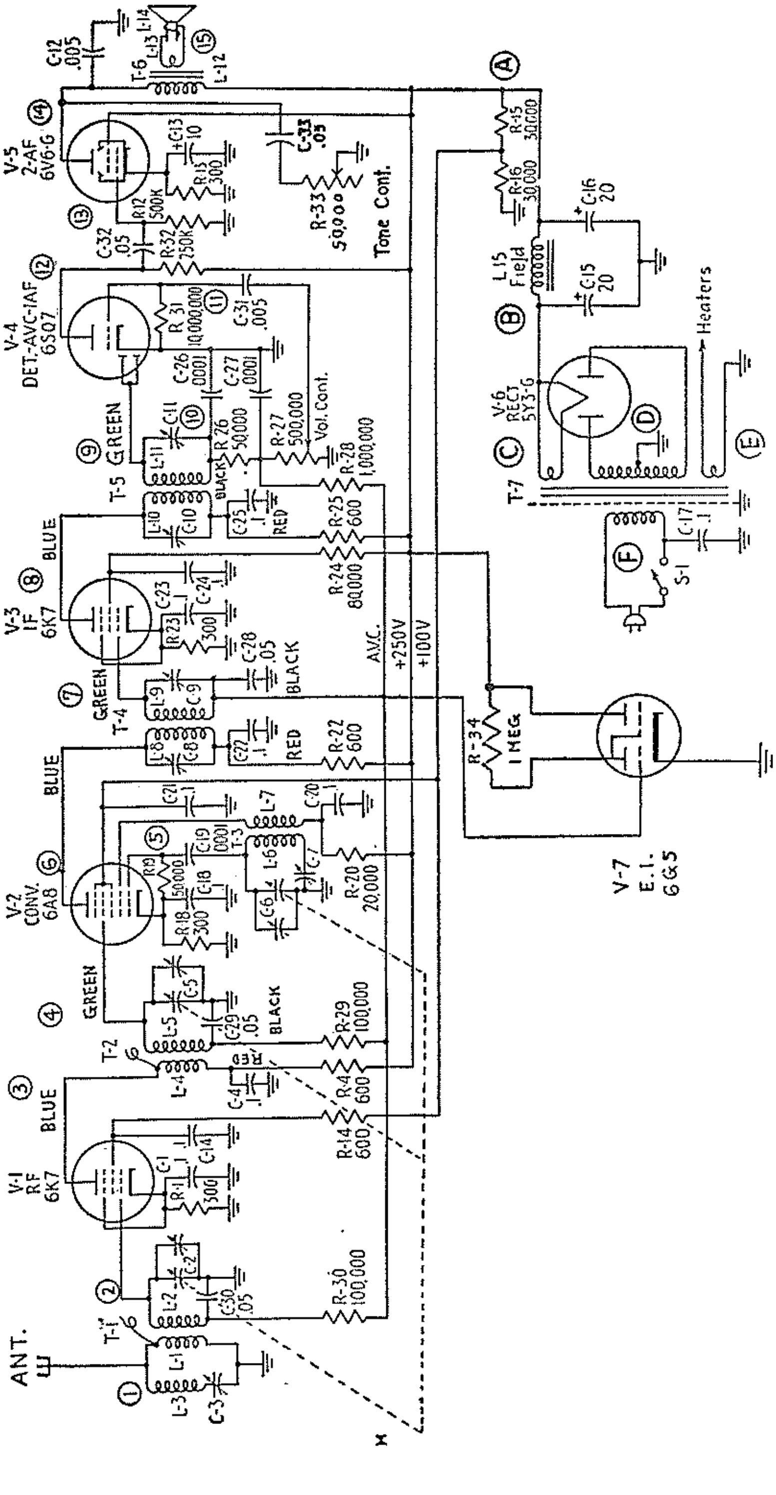


圖 3—67. 七管超外差式接收機線路。
（1）至（15）爲信號尋跡位置，（A）
至（F）爲電能供給電壓測驗點。

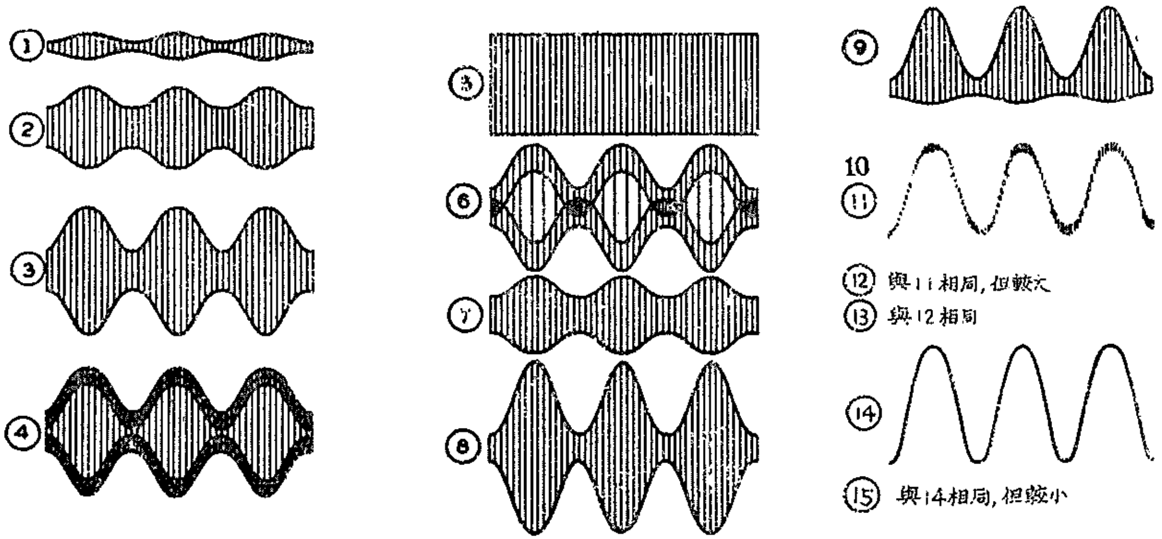


圖 3—68. 東南電子管接收機動電示教板 E.T.R. No. 1 各測驗點之信號頻率及波形分析：

1. 調幅射頻信號（RF550—1600千赫）
2. 調諧及升高調幅射頻信號（550—1600千赫）
3. 調諧及放大調幅射頻信號（550—1600千赫）
4. 調諧及升高調幅射頻信號（550—1500千赫）
5. 本機振蕩等幅射頻信號（RF＋455千赫）
6. a 調幅射頻信號（500—1600千赫）
   b 本機振蕩等幅射頻信號（RF＋455千赫）
   c 調諧調幅中頻信號（IF—455千赫）
7. 調諧調幅中頻信號（455千赫）
8. 調諧及放大調幅中頻信號（455千赫）
9. 通過二次檢波級旁路濾波容電器之半波調幅中頻信號
10. 11. 二次檢波級加載阻之輸出聲頻信號(50-5000赫)，(高傳真度機50-10000赫)
12. 13. 放大後聲頻信號（50—5000赫）
14. 放大及濾波後之聲頻信號(50—5000赫)
15. 揚聲器音圈之聲頻信號（50—5000赫）

電 能 供 給 部 份

(A) 200—300伏直流電壓(B＋)
(B) 265—400伏脈動直流電壓
(C) 5 伏50赫交流電壓
(D) 260—380伏50赫交流電壓（每屏）
(E) 6 伏50赫交流電壓
(F) 110—220伏50赫交流電壓

7. 依次將每級各旁路容電器開路以測驗交流聲，汽船聲，及狂叫聲等故障。將每項結果記錄之。

8. 照解釋第(5)項所述方法，依次將各級另件接點鬆脫，或換上損壞電阻，或換上失效電子管，測驗嘈聲等故障。將每項結果記錄之。

9. 依次將各級陰極偏壓電阻短路(動作要迅速)，並用漏電容電器代替聲放級耦合容電器，以測驗失真故障。將每項結果記錄之。

10. 將電能供給部份各濾波容電器開路，測驗交流聲故障。將結果記錄之。

11. 作一實驗報告書。

實驗 3—32 接收機動電修理技術——信號尋跡之二

實驗目的：

1. 用電子示波器分析接收機各測驗點之信號波形。
2. 熟練信號尋跡修理技術之第二種基本方法。

應用儀器：

1—Heathkit 12—12U—5吋電子示波器連射頻檢波探針。
1—Rca Wr—50B 調幅及掃動式射頻信號產生器。
1—真空管伏表。
1—校驗器。
1—東南電子管接牧機動電示教扳 E.T.R. No. 1.

解 釋：

本實驗係採用電子示波器作爲視覺式信號尋跡之用，其所獲得之效果，遠勝于普通信號尋跡器。

電子示波器根本上係一個交流伏表，除能夠指出所測之信號電壓數值外，更可以顯出所測信號電壓之模型。故在電動修理技術上，可以解決許多難題，同時示波器亦可用作輸出表，失真測量器，及頻率測量器等。

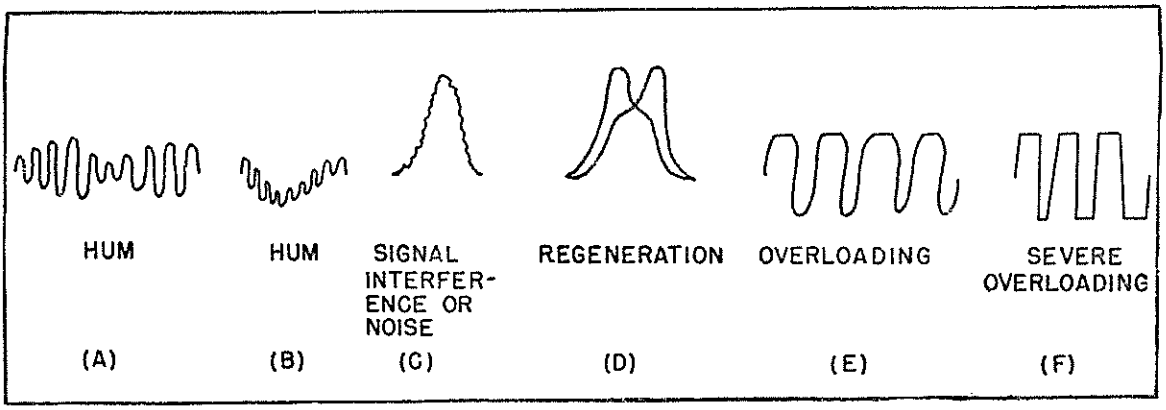


圖 3—69. 在接收機故障中常見之模型。

示波器銀幕所顯出之模型，除指示接收機校驗情形外，亦可啓示接收機電路工作之故障，故示波器實爲無線電修理上最理想之故障分析工具。

圖 3—69 爲接收機之故障分析中所常見之數種模型；將示波器之垂直輸入端跨接于揚聲器音圈間。用正弦波調幅之射頻信號輸入接收機天線，或用一正弦波聲頻信號輸入

接收機聲頻放大級。若示波器顯出純正弦波模型，則表示該機工作滿意，及信號電平正常。若有交流音時，正弦波即受調幅，顯出之波形如圖 3—69 (A) 及 (B) 所示。圖 3—69 (E) 及 (F) 乃表示聲頻放大器過載，係由于輸入接收機某點之信號太強所致。

圖 3—69 (C) 及 (D) 乃用掃動式信號產生器 (Sweep Generator) 作較驗時所獲得者。當接收機工作正確及信號電平正常時，此種曲線成為平滑，對稱，及單線狀。若有噌音或外來信號干擾，即產生一種崎嶇調幅作用，如圖 3—69 (C) 所示。若接收機發生振蕩時，即出現兩條不規則曲線，如圖 3—69 (D) 所示。此種情形有時可能由于示波器及信號產生器與接收機間接線所引起，故必要應用隔離短線連接以避免之。

修理技師可由某種反常調幅之發現，用以表示電路之故障，若將此種失真之形狀與大小，與本節所述之波形作一比較，並可證明電路故障來源。

實驗程序：

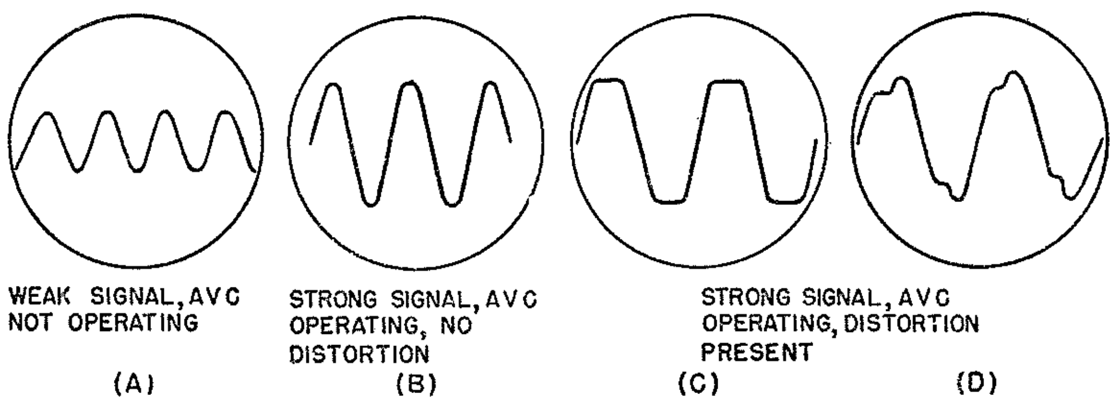
1. 先參照圖 3—67 及圖 3—68 所示，研究各測驗點之相對波形及其振幅。
2. 將信號產生器之輸出冷線接在底板上，將熱線與代真天線串連，接在天線柱上。
3. 將接收機示教板電源開關閉合，調諧度盆至 600 千赫位置。
4. 將信號產生器電源開關閉合，旋度盆至 600 千赫，並閉合 400 赫內調幅開關，旋衰減器至 5—11 微伏間。
5. 將接收機度盆在 600 千赫位置左右旋轉，直至電子光示管之影角縮至最小或音量最响為止。
6. 將接收機之响度控制器旋至最小。
7. 示波器之準備：
   (a) 將掃動開關閉合。
   (b) 將頻率選擇開關（即粗頻）旋在 100—1000 赫位置。
   (c) 將垂直增益旋至零，將垂直輸入衰減器扳至 XI 位置。
   (d) 將內同步開關閉合，將水平增益旋至 50。
   (e) 將水平及垂直定位器，亮度，及聚焦控制器一律旋至中點位置上。
   (f) 將電源開關閉合。
   (g) 經過一二分鐘後，調節亮度及聚焦控制器，直至顯在銀幕上之水平光線達到最玲瓏明朗為止。旋水平及垂直定位器，將光線橫過銀幕中心。旋水平增益，使光線兩端約距離銀幕每邊 $\frac{1}{4}$ 至 $\frac{1}{2}$ 吋。
   (h) 將冷線接在接收機底扳上。
8. 將示波器之垂直輸入熱線與 0·1微法/600伏隔絕容電器串連，依信號尋跡次序，由天線起至揚聲器止，分別觸在各測點上，每次需調節直垂增益免使示波器過載，又要調節幼頻控制器，直至銀幕顯出如圖 3—68 各點所需電波模型為止。
9. 當垂直輸入熱線觸在某測驗點上，若無信號波形顯出在銀幕上，或波形比前降低，或波形失真，或波形跳動，即表示在該點以前之電路發生故障。
10. 將示波器垂直輸入熱線接在揚聲器之音圈間，將信號產生器輸出逐步增加，觀察波形之變態。

11. 將信號產生器輸出固定不變，旋信號產生器之調幅百分數控制由0—110%，觀察波形之變態。

12. 測驗自動响度控制之作用：

(a) 旋信號產生器之輸出至6微伏左右，調節示波器之垂直增益及幼頻，使銀幕顯出四週之正弦波，其振幅高度約一吋，並旋同步控制以固定之，如圖3—70(A)所示。

(b) 逐步增加信號產生器之輸出，輸入接收機之信號電壓隨之增高，波形振幅最初增加迅速，直至自動响度控制電路開始工作後，雖然繼續增加輸入信號電壓，但波形高度增加甚微，或不再增，而且始終爲一不失之正弦波，如圖3—70(B)所示。若波形失真，如圖3—70(C)及(D),證明自動响度控制發生故障；例如：自動响度控制濾波容電器短路，或漏電，或開路等。



PATTERNS OBTAINED IN AVC TEST

圖 3—70· 自動响度控制測驗所得之圖型

13. 將電能供給部份之濾波容電器分別開路觀察波形之變態。

14. 將各電子管陰極電阻之傍路容電器及各簾柵傍路容電器開路，觀察波形之變態。

15. 用手指依次觸在各管柵極上，觀察波形之變態。

16. 旋音調控制器試之。

17. 電能供給部份測驗：

(a) 將示波器之垂直輸出熱線由揚聲器音圈移開，將垂直衰減器扳至X10位置。將垂直增益旋至最小，將粗頻扳在10—100赫位置。

(b) 將垂直輸出熱線接在圖3—67之(B)點上，旋垂直增益，及調節幼頻，使產生四個週波枚紋正弦波形顯出銀幕上，其振幅約1½吋。

(c) 將垂直輸入熱線移接至(A)點，注意枚紋振幅減低狀況；若濾波器之效率優良，則在(A)點上之枚紋成份幾乎全部消失，使銀幕上之光跡，成爲一水平線，若枚紋高度不變，或減低甚微，證明濾波器電路發生故障。

(d) 依次將輸入濾波容電器，平滑扼流圈，及平滑容電器分別開路，觀察波形之變態。

18. 將以上每項所獲得之波形繪出之，並作一報告書。

實驗 3—33　接收機動電修理技術——信號注入法之一

目　　的：

熟練信號注入修理技術之第一種基本方法。

應用儀器：

1—東南電子管接收機動電示教扳 E.T.R. No. 1。
1—調幅式信號產生器。
1—校驗器。
1—真空管伏表。

解　　釋：

信號注入之程序，剛與信號尋跡相反，測驗時先由揚聲器起，直至天線電路止，所用儀器，爲信號產生器及真空管伏表。注入各點之信號，乃代替所收電台之信號。從測驗中，若發現某級工作反常時，即可尋出接收機故障來源。現用圖 3—71 之超外差式機電路簡圖（參考圖 3—67）作爲測驗之示範，圓圈內數字，乃代表信號注入程序及主要測驗點。

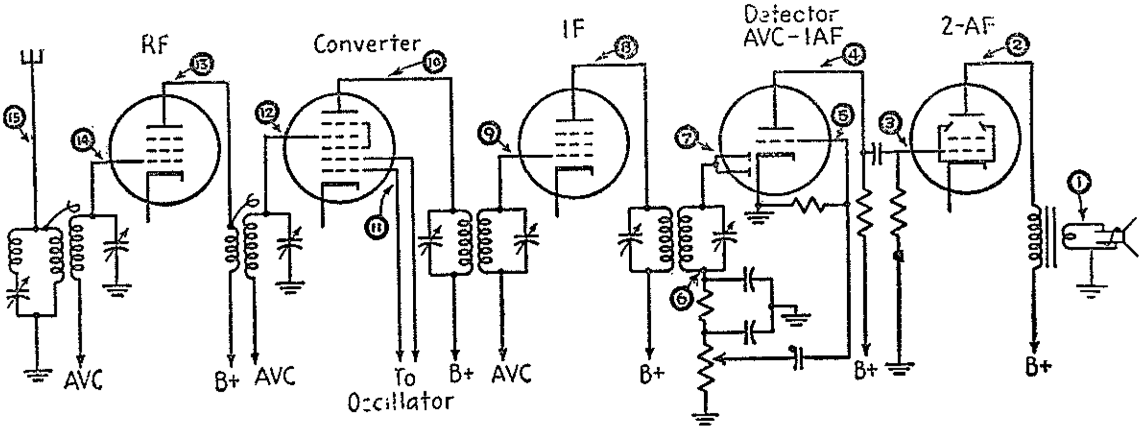


圖 3—71· 超外差式接收機信號注入法之測驗點及其程序。

將一座不能收音之接收機修理時，先閉合電源開關，用觀察方法，檢查妥當後，即用真空管伏表（或萬用電表）測驗電能供給部份。若輸出電壓正常，可用一跳線將天地線接柱短路，以免外來信號干擾，並將响度控制器旋至最大。將信號產生器電源開關閉合，待熱至約10分鐘後，其工作情況已達穩定，旋聲頻輸出衰減器至最大，將冷線接在接收機底扳（B—）上，用所需代真天線與熱線串連，依次序觸在各測驗點上。

第（1）爲揚聲器本身之測驗點，必須用較高400赫聲頻電壓注入始能測驗，若聽到聲音時，證明揚聲器本身良好。

第(2)爲輸出變壓器測驗點，若聽到400赫聲音時，證明輸出變壓器良好。

第(3)爲第二聲放級或輸出級之測驗點，因該管有放大作用，須將注入聲頻信號電壓降低之，以免該管過載。若該級工作正常時，即可聽到400赫中等音量輸出。

第(4)爲第一聲放級屏輸出耦合電路之測驗點，若正常時，所聽之聲音與(3)相同。

第(5)爲第一聲放級測驗點，因其增益甚大，須將注入聲頻信號電壓再減低之，若工作正常，即可聽到400赫中等音量輸出。

第(6)爲二次檢波級輸出耦合電路測驗點，所得400赫聲音與(5)相同。將接收機响度控制向左右旋轉以調節音量，若無嘈音發生，證明耦合電路正常。

第(7)爲二次檢波級測驗點，先用400赫聲頻注入，雖無放大增益，但亦聽到與(6)相同之音。

現將信號產生器調諧在所需中頻上(例如455千赫)，及將調制開關閉合。此時注入該點信號爲已調中頻，即可聽到比前較高之400赫聲音，旋衰減器至中等音量輸出。以上可證明由二次檢波級至揚聲器間，均在正常工作狀況中。

第(8)爲輸出中頻變壓器之測驗點，將已調中頻信號注入，若聽到中等400赫音量時，表示輸出中頻變壓器良好。

第(9)爲中放級測驗點，因該級增益甚大，將已調中頻信號注入時，須調節衰減器，以保持中等400赫音量輸出。

第(10)爲輸入中頻變壓器測驗點，用已調中頻信號注入，若正常時，即可聽到與(9)相同之400赫聲音。

第(11)及(12)爲變頻級之測驗點，先用已調中頻信號注又(12)點，若聽到比前較大400赫聲音，表示混頻部份放大增益正常，可旋衰減器至中等音量輸出。其次將信號產生器調諧在1000千赫已調射頻上，旋接收機調諧器至1000千赫左右，直至聽到比前較強400赫聲音爲止；此時表示本機振蕩級工作正常，變頻級之變換增益正常，可再旋衰減器至中等音量輸出。

若用已調中頻注入(12)點，有400赫聲音輸出，但改用已調1000千赫射頻注入時而無聲音，或聲音比前微弱，即表示本機振蕩級發生故障。

測驗本機振蕩級，可將天地線接柱連接線移開，接上天地線，旋接收機調諧器至香港中文電台640千赫位置上(或其他廣台頻率上)，若振蕩級失效，不能聽到聲音。旋信號產生器至所需未調本機振蕩頻率上，即等于射頻加中頻($fo=fs+fi$)，例如：接收香港中文電台已調射頻640千赫時，接收機中頻爲455千赫，本機振蕩未調射頻等于640＋455＝1095千赫。將信號產生器熱線與200微微法/400伏容電器串連，接在本機振蕩器柵極上(11點)，同時將接收機及信號產生器之調諧器，分別在640千赫及1095千赫相對位置左右輕微擺動，直至聽到電台信號最清楚爲止，此時即可證明本機振蕩級失效。若依然無聲，證明射放級發生故障，可將天線移在(12)點再試之。

第(13)爲射頻變壓器之測驗點，當本機振蕩級修妥後，變頻級工作已恢復正常，再將天地線短路，將接收機及信號產生器同時調諧在1000千赫上，若聽到400赫聲音比前畧大時，證明射頻變壓器良好。

第(14)爲射放級測驗點，將已調1000千赫射頻注入，旋接收機調諧器在1000千赫上，若聽到400赫聲音比前增大，表示該級放大增益正常，旋衰減器至中等音量。

最後，將天地線接柱之連接線移開，將已調1000千赫射頻注入天線電路測驗點(15)；由於天線變壓器放大增益效應，所聽到400赫聲音比前畧增。若用高阻抗初級捲時，成爲降壓作用，聲音比前畧低。

依照上列程序，將所需信號注入某一測驗點，若無聲音或音弱時，證明該級發生故障。例如當用已調中頻455千赫注入中放級屏極(第8)點，聽到400赫聲音，若注入柵極(第9點)則無聲音，或聲音微弱，則可判斷中放級發生故障；即施以級增益測量，及電壓與阻力測驗，將尋出之損壞另件更換，並將中頻變壓器校驗之。

若用整流式交流輸出表爲指示器時，可直接跨接揚聲器音圈間，並用0—10伏以下範圍。若跨接於屏路上，可先選用最高電壓範圍(1000伏)，待串連容電器充滿電後，指針即由最大偏角跌器零位上，然後旋至150伏以下範圍上。最好選配在中等音量輸出電平上，使指針擺在該範圍之中間部份讀數內，以便觀察容易。

實驗程序：

1. 用色筆將線路圖繪製。將各另件用表列上，並說明其功能。
2. 用真空管伏表依次測量各級正常電壓，並用表記錄之
3. 測量各點間正常阻力，並用表記錄之。
4. 依照解釋項內所述程序，由(1)至(15)，依次將所需頻率信號注入示教板上，靜聽其輸出效果，並記錄之。
5. 將輸出表跨接於揚聲器音圈間，或跨接於輸出管屏地間，照上法測驗一次，並將每項之結果記錄之。
6. 將所需已調1000千赫信號注入(15)點，將示教扳調諧在1000千赫上，將輸出表分次跨接在輸出級屏地間，屏陰間，及輸出變壓器初級圈間，並將所得讀數記錄之。每次將輸出表試棒移接時，要先將示教扳電源開路，以避免電震危險。
7. 調節信號產生器之衰減器，使跨接屏地間輸出表保持在中等音量之交流電壓讀數上，依下列程序測驗，並將每項結果記錄之。
   (a) 將第二濾波容電器開路，留意揚聲器之交流音，示教扳有無反饋振蕩。
   (b) 接回第二濾波容電器，並移開第一濾波容電器，留意交流音之電平。將兩容電器分別或一齊移開及接回，以比較交流音電平。
   (c) 若揚聲器爲電動式，可將反感應圈之接頭倒接，留意揚聲器之交流音。
   (d) 將輸出管陰極短路，注意輸出表交流音電壓，並比較陰阻短路前後之音調。陰阻每次短路時間切勿超過一秒鐘，以免輸出管屏流過載。
   (e) 將輸出管陰極旁路容電器開路，觀察音量，音調，及交流音之效果。
   (f) 將輸出級之柵接線除去，注意示教扳之效果，(情形與e相同，柵開路不可超過一秒鐘)。
   (g) 用一100,000歐電阻跨接於聲放級耦合容電器間，即一端接輸出管柵極，

一端接第一聲放管屏極，當作容電器漏電，測驗兩級間各極工作電壓及音調之變化。

(h) 將二次檢波級之濾波容電器短路，或除去，注意其效果。

(i) 將自動响度控制電路濾流容電器開路，注意其效果。

(j) 將第一中頻變壓器（T4）低端（黑線）接地，即移去自動响度控制電壓，注意其效果（示教板調諧度盆須變動否？音調及音量變化否？電子光示器影角受控制否？）

(k) 用手觸在變頻級振蕩貯能電路上，及射頻變壓器次級上，注意其效果。

(l) 將 6A8 振蕩柵漏除去，注意簾壓，屏壓，及汽船聲效果。

(m) 用一 100,000 歐電阻跨接於振蕩耦合容電器間代表容電器漏電，測量屏，簾，及振蕩柵壓之變動，並留意調諧度盆對收音之效果。

(n) 將各簾傍路容電器開路，注意其效果。

(o) 若電子管有隔罩者，可除開，或將金屬管管座第一脚接地線移開，注意收音效果。

(p) 用電子管測驗器，檢驗各電子管效能。

8. 照 4 至 7 程序再作一次，並將結果記錄之。
9. 將以上各項記錄作一報告書。

實驗 3—34　接收機動電修理技術——信號注入法之二

目　　的：

熟練信號注入修理技術之第二種基本方法。

應用儀器：

1—東南電子管接收機動電示教板 E.T.R. No. 1。
1—調幅式射頻信號產生器。
1—正弦——平方波聲頻信號產生器。
1—5 吋電子示波器。
1—真空管伏表。
1—校驗器。

實驗程序：

1. 閉合接收機電源，旋度盆出盡或至無電台干擾位置上，旋响度控制器至零。
2. 將信號產生器冷線接至底板上。將示波器準備應用（參考實驗 3—32 程序 7）。
3. 將示波器垂直輸入端跨接在音圈間，旋垂直增益控制器至中途，水平直線長度不變。若光線變爲粗劣枚紋或鋸齒形，表示聲頻放大級 V4 及/或 V5 發現交流音或嘈音。在優良超外差機内亦常觀察出有些枚紋，因電能供給之輸出不是純直流，故無論如何尚有合理之殘餘枚紋成份在内。當示波器垂直增益旋至最大時，一部良好接收機之枚紋成份，顯出在三吋示波器銀幕上最高不超過一簾格，顯在五吋示波器上最高不超過二簾格。
4. 將 400 赫信號注入輸出變壓器次級捲第（1）點上，若揚聲器之接線良好，即發現數個週波在銀幕上，旋幼頻及同步振幅控制，以便得到 4 個固定週波。旋垂直增益控制，使模型高達 $\frac{1}{2}$ 吋以上。

5. 在第四步中，若用聲頻信號產生器時，要將冷線接在底板上。
6. 注入 400 赫信號於（2）點上，旋垂直增益，恢復原來波型高度，在校準示波器銀幕度盆上，讀出輸出電壓數值。若消失波形，或正弦波失真，表示輸出變壓器 T—6 損壞。
7. 注入 400 赫信號於（3）點上，若波形消失或失真，表示功率放大級 V5 發生故障。
8. 注入 400 赫信號於（4）點上，若無波形，表示耦合容電器 C 32 開路，或接線開路。
9. 注入 400 赫於（6）點上，慢慢旋响度控制，使波形高度增至最大，但以不致過載爲限度。若在該點無波形，表示响度控制器損壞，耦合容電器C31開路，或V4」三極放大部份失效。若模型失真，表示 V4 失效，或電壓不正常，或在 V4 電路之電阻或容電器損壞。
10. 用一臨時跳線將自動响度控制接至底板。
11. 將被 400 赫所調幅之中頻信號（455 千赫）注入於（7）點上，旋垂直增益恢復原來模型高度，若模型失去，表示V4二極部份失效，或二次檢波器電路之零件損壞。
12. 注入已調中頻信號（455 千赫）於（8）點上，調節 T—5 之修整容電器使波形達到最高峯。若無波形，表示輸出中頻變壓器 T—5 損壞。
13. 注入已調中頻信號於（9）點，再調節 T—5 至最高峯，若波形失去，表示 V3 管失效，或中放級工作電壓不正常，或零件損壞。
14. 輸入已調中頻信號於（10）點，調節 T—4 至最高峯。若波形消失或失真，表示中頻變壓器T-4損壞，若波形成平頂狀，表示過載，即減低信號產生器之輸出。
15. 注入已調中頻信號於（12）點，減低信號電平。重調節 T—4 之修整，及再次調節垂直增益控制，若無模型，表示變頻級 V2 失效，或電壓不正常，或變頻級電路内之另件發生故障。
16. 注入已調 1000KHz 射頻信號於（13）點，調諧接收機度盆至 1000KHz，使模型達至最高峯。若無模型，表示變頻級輸入變壓器 T—2 損壞，或本機振蕩器電路發生故障，或跟踪校驗欠準。
17. 注入 1000KHz 已射頻信號於（14）點，若模型增高，表示射放級有放大增益，若無模型，表示射放級 V1 失效，或工作電壓不正常，或射放級電路另件發生故障。
18. 注入 1000KHz 已調射頻信號於（15）點，若模型增高，表示天線輸入變壓器 T—1 爲升壓比率，若降低，則爲降壓比率，若無模型，表示 T—1 損壞。
19. 信號產生器依然接上（15）點，分別旋至1500KHz 及 600KHz，並調諧接收機至該相對頻率上，觀察模型之高度，在 600KHz，1000KHz 及 1500 KHz 三點位置上，是否接近平衡。
20. 移開 A. V. C. 之跳線，照實驗 3—32 之程序 12 所述之方法測驗 A. V. C. 之作用。
21. 將以上每項所顯出之波形繪製，並作一報告書。

實驗3——35　晶體管接收機動電修理技術

目　　的：

與實驗　3—31，3—32，及3—34之目的相同。

應用儀器：

1　東南晶體管接收機動電示教板No.1。
1　射頻信號產生器。
1　真空管伏表。
1　3吋電子示波器。
1　視聽兩用式信號尋跡器。
1　聲頻信號產生器。
1　校驗器。

解　　釋：

示範接收機之故障分析

晶體管接收機所用之修理方法及程序，與電子管接收機所用者相同，即係：第一要問病象；第二用觀察方法檢查；第三測驗電能供給部份；第四採用動電測驗法，尋出某一級發生故障；第五測量該級之電壓及電流；第六用歐表測驗該級電路內之損壞另件更換之。

現爲增進學習晶體管接收機修理技術效率起見，特將圖 3—72 之最普遍晶體管接收機電路作爲故障檢修之示範，並用附表3—1摘要列明，以供參考之用。

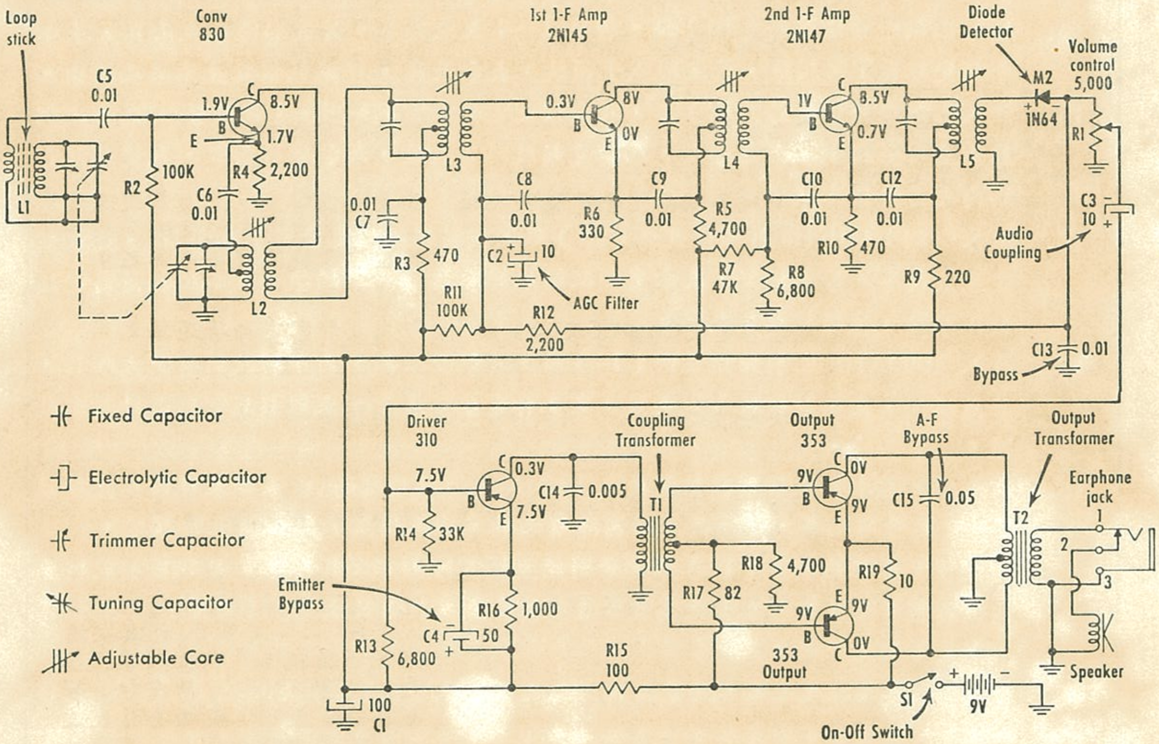


圖 3—72.　示範晶體管接收機之電路。

附表3—1 示範接收機之故障分析表

病　　象	常見故障來源	檢修方法
不能收音。 無滴搭聲。	電池用完。	更換電池。
	電池反向。	測驗電池及接收機之極向。
	電池接點不良。	將接點清潔或將彈條壓力增加。
	耳機揷口接點開路。	先將揷口接點1及2短路，若能收音，可將接點清潔及調節之
	電源開關失效。	將開關 S_1 短路，若恢復收音，可更換之。
	揚聲器音圈開路。	用歐表測驗之。
	輸出級電能供給接綫開路。	用歐表 RXI 範圍，由 S_1 起至輸出晶體管電極止，沿印刷電路測驗，若發現有破裂，即修補之。
	傍路容電器C15短路。	將 C 15一端引綫剪開，若恢復收音，即更換C15.
不能收音，但當移動電池時有滴搭聲。又當响度控制器旋至最大時有嘈音。	電池衰弱。	更換新電池。
	一個或多個晶體管電能供給綫開路。	測量全機電流，若過高或過低，即用歐表沿電能供給至每一晶體管電極間綫路測驗之。
	耦合容電器C5，C6及C3開路。	即用良好容電器跨過試之。
	二次檢波二極管M2失效。	用同類新管代替試之。
	L1，L2，L3，L4，L5或T1開路或短路。	分別用歐表測驗之。
	本機振蕩器不能工作。	先用 455 千赫調幅中頻信號注入天綫，若有聲音，其次用1000千赫調幅信號注入，旋接收機度盆至1000千赫左右，若無聲音，證明本機振蕩器失效。測驗變頻級各另件及接綫，或用新晶體管試之。

度盆旋至低端不能收音。	雙連調諧容電旋入時短路。	用薄刀片校正之。
收音微弱，失真或不失真。	電池衰弱。	更換新電池試之。
	鐵粉芯天綫棒裂開。	若不能將裂口駁回原位，可更換之。
	C1，C2，C3，C4，C9 或 C10 開路。	用良好容電器跨過試之。
	中頻變壓器L3，L4，或 L5 開路或短路。	用歐表測驗之。
	聲頻放大器失效。	測驗聲放級各極電壓，接綫及各另件。
	二極管M2失效。	用同類新管試之。
	變頻級或中放級失效。	先換好管試之，其次測驗該級電壓及各另件。
只在度盆一端收音微弱。	變頻級晶體管失效。	更換新晶體管。
間歇收音。	釺點欠佳。	從新釺固。
	印刷電路微裂。	將印刷綫壓回原位，並將裂口釺接。
	電池架接點不良。	將接點清潔及增加彈力。
	耳機插口鬆脫或積穢。	清潔接點，及增加彈力。
	响度控制器積穢或損壞。	用潔淨劑洗刷，或更換之。
	電源開關S1接點鬆脫。	S1 係與响度控制器 R1 同軸，最佳能夠將接點彈力增加，否則更換之。
	調諧容電器積穢。	用薄紙或刷將片間積穢清除。
在响度控制器全部旋轉位置中發生失真。	電池衰弱。	更換新電池。
	電解質容電器 C2，C3，或 C4 短路，漏電或用乾。	將該容電器一端引綫移開，用同一款式新容電器跨過原來電路試之；或將容電一端引綫移開，用歐表測驗之。

	炭阻增值。	將聲頻部份之電阻測量之。
	揚聲器損壞。	用耳機插入試聽，若聲音清晰，即將揚聲更換。
	聲頻晶體管損壞。	用新晶體管代入各聲放級試之。
只在接收強信號時失真。	容電器 C2 或 C13 短路。	將C2或C13一端引綫移開，用同型新容電器跨接原來電路試之。
	二極管M2損壞。	用同型新二極管試之。
嘯叫聲或汽船聲。	電池衰弱。	更換新電池。
	電解質容電器 C1 失效。	將 C1 一端引綫移開，用同型新容電器跨接在原來電路間試之。
	電池接點鬆動，或調諧容電器鬆動。	將電池接合器清除積穢，及銲固引綫，或將調諧電器裝釘拉緊。
只在收到電台信號時聽到嘯叫聲。	電池衰弱。	更換新電池。
	天綫鐵粉芯破裂。	若不能接合時，可更換之。
	容電器 C2 失效。	更換新容電器。
整個度盆只能收聽一電台。	本機振蕩器不能工作。	先測驗變頻級另件及接綫，然後更換新晶體管。
旋轉度盆收台時有嘈音。	調諧容電器積穢。	用薄紙清除調諧容電器動靜片間積穢。
	調諧容電器片摩擦。	用薄刀片或小刀將容電器片矯正。
	變頻管失效。	換新管試之。
當調諧各電台時，聲音變化太大。	AGC失效，C2或C13短路。	移開一端引綫用歐表測驗之。或更換新容電器。
	二極管M2失效。	用同型新管試之。
電源開關閉合後，音量降低。	電池衰弱。	更換新電池。

電池壽命太短。	不收音時，忘記將 S1 開路。	務要小心應用接收機。
	S1開關損壞。	更換之。
	濾波容電器C1短路。	同用型新容電器更換之。
	聲頻晶體管失效。	依次用新管換入推動級及輸出級試之。

動 電 修 理 技 術

參考實驗3—31，3—32，3—33及3—34所述之解釋。

實 驗 程 序 ：

信 號 尋 跡 法 之 一

1. 參照圖 3—63 所示，選定信號尋跡之各測驗點之正確位置。
2. 依照實驗 3—31 之程序 2 作一次。
3. 依照實驗 3—31 之程序 3 作一次。
4. 依次換上衰弱晶體管及移開各極傍路容電器，以測驗收音微弱故障，並將每項結果記錄之。
5. 依次將每級之另件任意開閉，以測驗間歇收音故障，並將每項結果記錄之。
6. 依次將各級另件接點鬆脫，或換上損壞電阻，或換上失效晶體管，測驗嘈聲等故障。

信 號 尋 跡 法 之 二

7. 參照圖 3—67 及圖 3—38 所示，認清晶體管接收機各測驗點之相對信號波形。
8. 依照實驗 3—32 之程序 2 至程序12作一次，並將結果記錄之。

信 號 注 入 法 之 一

9. 參照圖 3—63 所示，選定信號注入各測驗點之正確位量。
10. 依照實驗 3—33 之實驗程序 4 作一次，並將結果記錄之。

信 號 注 入 法 之 二

11. 依照實驗 3—34 之程序 1 至程序20作一次，並將結果記錄之。

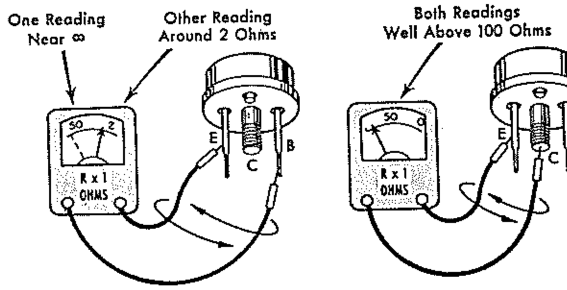
12. 將以上每項所顯出之波形繪製，並作一報告書。

用歐姆表測驗晶體管

13. 本校設置有若干種晶體管測驗器，供作實驗之用。若手上未有測驗器時，亦可臨時用歐姆表測驗之。圖3—73係表示用歐姆表低阻範圍 RXI 測驗功率晶體管之方法。

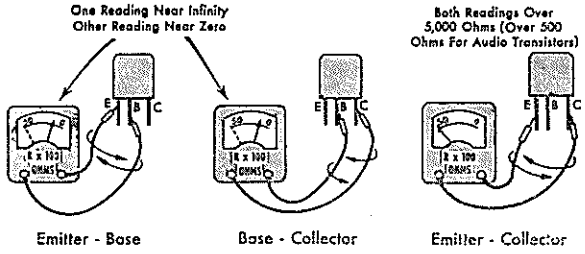
第一步測驗射極及基極：

如圖 3—73(A)所示，當歐表試棒在一方向觸在E，B兩極間所指讀數約2歐附近，而在試棒另一方向之讀數，則接近無限大，表示此待測晶體管良好。



(A)　(B)

圖 3—73. 用歐姆表RX1範圍測驗功率晶體管之四種方法。



(A)　(B)　(C)

圖 3—74. 用歐姆表 RX100 範圍測驗低功率晶體管之六種方法。

第二步測驗射極及集極：

測驗射極及集極間效能時，若試棒在兩互換位置上，歐表讀數均在 100 歐以上，證明良好，如圖3—73(B)所示。

14. 依照圖3—74(A)所示，用歐表測驗低功率晶體管，將歐表旋至RX100範圍上，用試棒測量射極及基極，然後調換試棒方向再次測量之。若在試棒某一方向所得讀數接近無限大，另一方向則低于 1,500 歐（接近零），表示晶體管良好；用同樣方法測驗基極及集極時（如圖 3—74 (B)所示），所獲得之讀數亦相同。

15. 依照圖3—74(C)所示，將歐表旋至RX100範圍，測驗晶體管之射極及集極漏電，在試棒兩相反方向上對射頻及中頻放大管，若讀數均在5,000歐以上，對聲頻放大管在500歐以上，證明良好，若指在較低讀數，證明該晶體管漏電或局部短路。

實驗 3—36　晶體管接收機測驗器之用法

目　　的：

1. 認識晶體管接收機測驗器之功用。
2. 熟練晶體管接收機測驗器之動電修理技術。

應用儀器：

1　SICO 88型晶體管接收機測驗器。
1　各式晶體管。
1　晶體管接收機。
1　真空管伏表。

解　　釋：

圖 3—75. 爲 SICO 88 型晶體管接收機測驗器(Transistor Radio Tester)，具有三種測驗儀在內，即係：

1. 晶體管測驗器 (Transistor Tester)
2. 信號產生器 (Signal Generator)
3. 信號尋跡器 (Signal Tracer)

三種功用互相獨立，可以配合作爲迅速修理晶體管接收機之用。

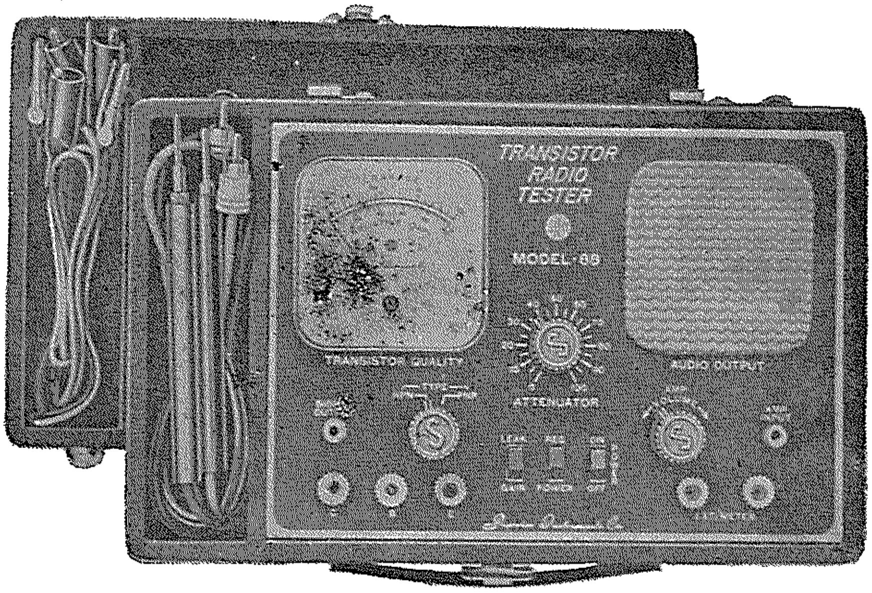


圖 3—75. SICO 88 型晶體管接收機測驗器。

實驗程序：

測驗晶體管集極與射極漏電

1. 將晶體管款式(Type)選擇開關旋至所需待測晶體管款式 PNP 或 NPN 位置上。

2. 將紅試棒插紅色集極C之插入口內，引線夾在待測晶體之集極上，如圖 3—75及圖 3—76 所示。

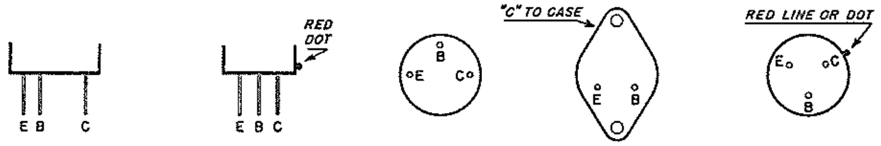


圖 3—76. 晶體管之各極接法。

3. 將黑試棒插入黑色射極E之插口內，引線則夾在待測晶體管之射極上。

4. 將 "Regular-Power" 開關扳至 Regular 或 Power 位置。若扳在Power 位置上，讀數則用10除之，例如2000歐 / 10＝200歐，500歐 / 10＝50歐。

5. 記錄電表紅色漏電度盆之讀數，以決定晶體管漏電程度。

測驗晶體管之近似增益

6. 旋晶體管款式開關至 PNP 或 NPN 位置，以配合待測晶體管之款式。

7. 將C插口之紅試棒引綫接在待測晶體管之集極上。

8. 將B插口之黃試棒引綫接在待測晶體管之基極上。

9. 將E插口之黑試棒引綫接在待測晶體管之射極上。

10. 將漏電—增益（LEAK-GAIN）彈性開關扳至 GAIN 位置。

11. 直接在電表黑色度盆讀出晶體之近似增益。若電表指在滿度讀數 100 以上時，可將 Reg-Power 開關扳至 Power 位置，于是黑色近似增益度盆讀數增加10倍，即 O-1000。

信號注入修理技術

12. 將輸出綫插入信號輸出（Signal Output）插口內。

13. 將電源開關（Power）閉合。

14. 將輸出冷綫接在接收機底板上。

15. 將輸出熱綫與—0.01微法容電器串連，參照圖 3—77 所示，依信號注入法程序，由 A 至 F 依次觸在接收機之測驗點上，尋出故障來源。

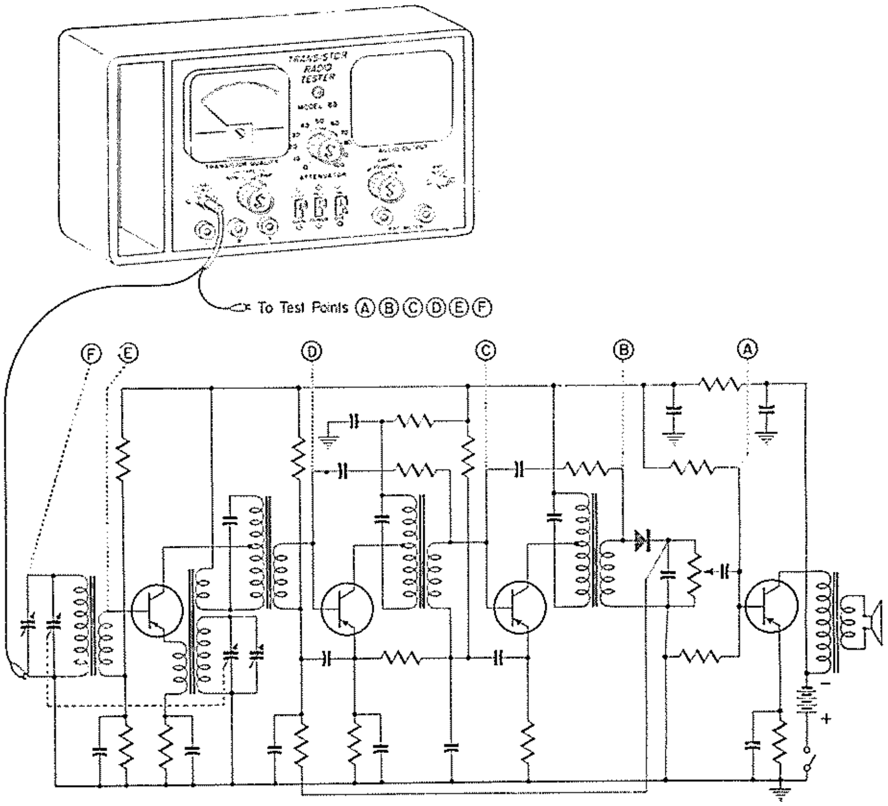


圖 3—77. SICO 88 型測驗器用作信號注入。

信號尋跡修理技術

16. 將電源開關閉合。

17. 將信號輸出綫跨接在接收機天綫電路間。

18. 參照圖 3—78 所示，將放大器輸入（Amplifier Input）插口內之紅色 (RF，IF) 信號尋跡探針，依信號尋跡程序，由天綫A點起至二次檢波級H點止，依次觸在各測驗點上，以尋出接收機故障來源。

19. 換上黑色聲頻（AF）信號尋跡探針，插入放大器輸入插口內。

20. 由二次檢波級輸出電路起至揚聲器止，將探針依次觸在各測驗點上，找尋接收機聲頻部份之故障來源。

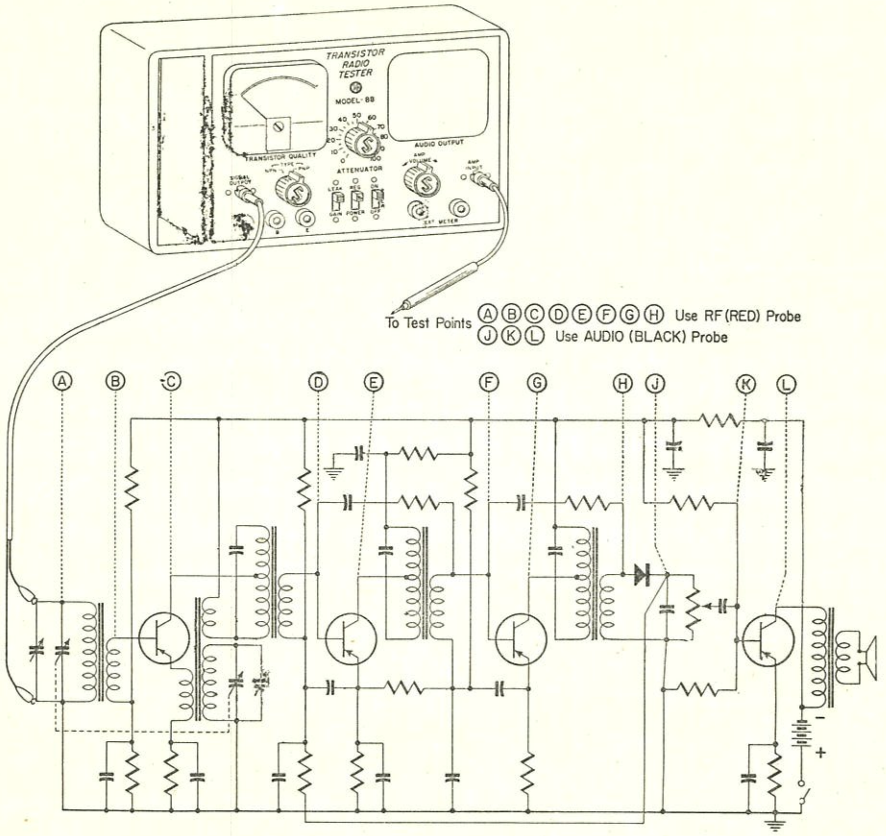


圖 3—78. SICO 88 型測驗器用作信號尋跡。

實驗 3——37　印刷電路修理技術

目　的：

1. 認識晶體管接收機印刷電路之裝置。
2. 熟練印刷電路内之另件更換方法。
3. 熟練印刷電路板修理技術

應用儀器：

1 晶體管接收機。

1 30瓦電烙鐵連架或電針鎗及松脂心錫條。

1 尖咀鉗。

1 尖咀剪鉗。

1 線刷。

1 所需電阻。
1 所需容電器。
1 銅線。
1 薄身小刀
1 小尖錐。

解　　釋：

晶體管接收機普遍採用印刷電路（Printed Circuit）以裝置各項另件，使接綫短直齊整及銲點堅固，又避免接綫錯誤，以增進接收機之性能。印刷電路係將 0.001 吋厚之銅箔，用特種膠水黏固在 1/16 吋厚之絶綠膠板上，如圖 3—79 所示。印刷在銅箔面上之電子線路係用影相曝光方法，或用漆筆繪圖法，或用膠點帶黏貼法，經化學溶液腐刻而成，洗淨及抹乾後，再用電鑽打孔。各項另件係裝在印刷電路背面膠板上，各另件之引綫則穿過各小孔，剪齊屈貼在銅箔接綫上；其次將印刷電路面浸在熔解錫液中，立即將全部接點銲固；最後噴上一層矽脂漆油，以防止由于潮濕或積穢所引起之短路毛病。

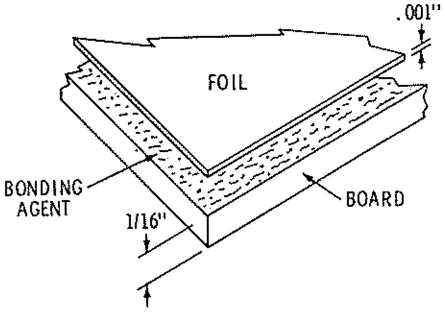


圖 3—79. 印刷電路板之結構。

印刷電路板之銅箔線，在攝氏表 230 度溫度上經10秒時間，即會與膠板脫離，故在銲開損壞另件時，要用30瓦電烙鉄或電烙鎗，輕輕觸在銲點上待熔解後，即用鋼絲刷將錫碎掃去，若可將另件拔出。

我們要緊記；高熱、壓力、及過剩銲錫均係印刷電路之主要敵人，故當修理時，務要小心從事工作。

實驗程序：

動電測驗

1. 修理一部不能收音之晶體管接收機，先用觀察方法，再用動電測驗法，尋出某級發生故障。

2. 測量該級電壓及電流，檢出損壞另件更換之。

更換另件方法

3. 當更換損壞電阻，或容電器時，若該另件兩端之引線有足夠長度，可用剪鉗緊貼另件兩端，將引線剪開，如圖 3—80 及圖 3—81 (1A) 所示。

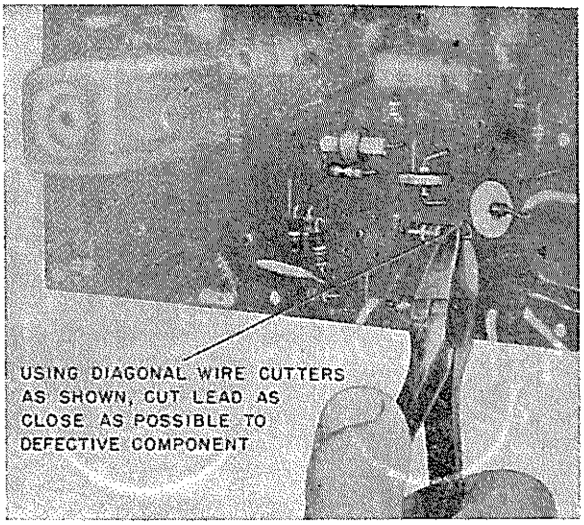


圖 3—80. 用剪鉗將緊貼印電路之失效電阻兩端之引線剪開。

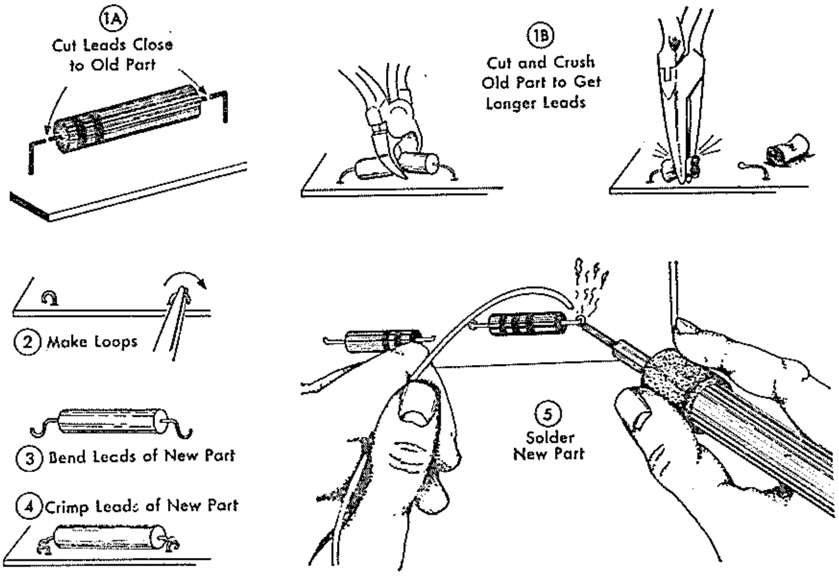


圖 3—81. 更換印刷電路損壞另件之方法。

4. 若損壞電阻或容電器兩端伸出之引線太短時，可照圖3—81(1B)，3—82及圖3—83所示，先用剪鉗將損壞另件中間腰部剪開，再將殘餘部份剪碎移去，並可獲得適當長度引綫。

5. 用小刀將損壞另件留存之兩引綫刮光，照圖3—81(2)所示用尖咀鉗扭成一小環。

6. 依照圖 3—81(3)所示，將新另件之兩引線刮光，屈成鈎狀。

7. 依照圖 3—81(4)所示，將新另件套入留存之引線內，並用尖咀鉗扭緊。

8. 依照圖 3--81(5)及圖 3—84所示，將新另件接口釬固。

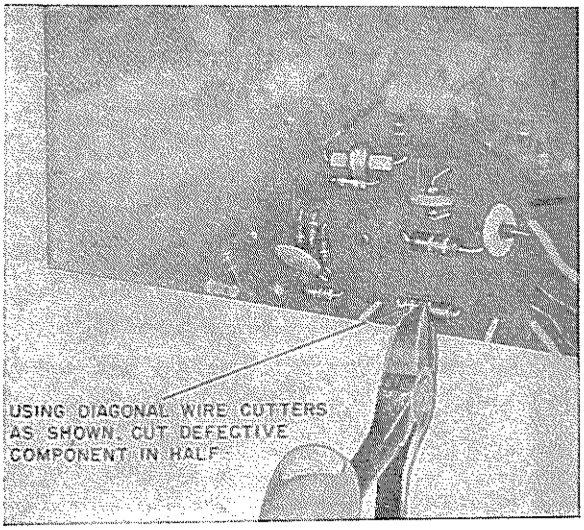


圖 3—82. 在損壞電阻之中間腰部剪開。

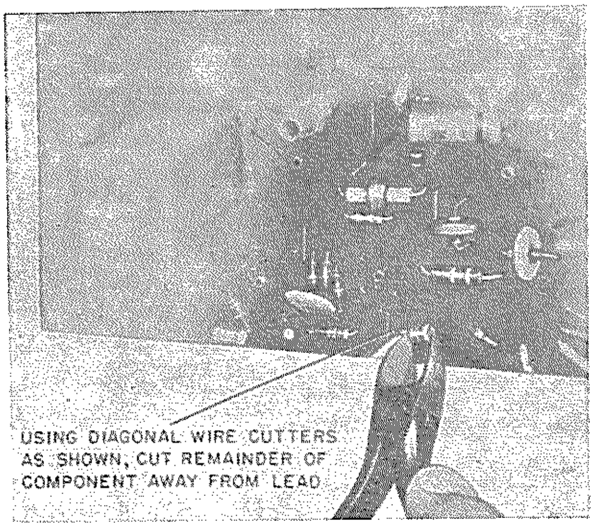


圖 3—83. 將電阻殘餘部份剪碎移開。

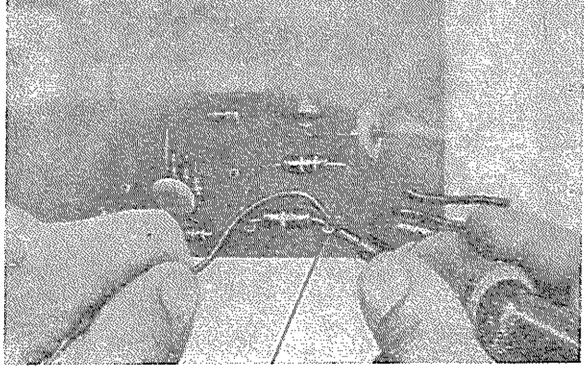


圖 3—84 將更換新另件引綫釬接在留存引綫上。

更換線圈方法

9. 依照圖 3—85(1)所示，用尖咀剪鉗將損壞線圈之插脚剪去。

10. 依照圖 3—85(2)所示，用尖咀鉗配合電銘鉄，將損壞線圈殘留插脚銲開拔去。

11. 依照圖 3—85(3)所示，將更換新線圈銲接在印刷電路原來位置上。

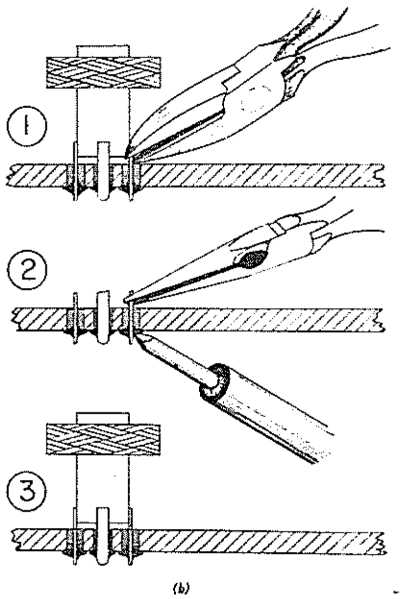


圖 3—85. 更換印刷電路損壞綫圈方法。

修理破裂印刷電路

12. 當發現印刷電路破裂時，可依照圖 3—86 所指示之四種方法修理之。若印刷線路之裂痕微小，可先用清淨劑，洗去裂口附近保護漆，再用小刀刮光，其次用電銘鉄，將錫條熔化在裂口上，移開銘鉄，待錫溶液凍結後，印刷線裂口即銲合。

13. 若裂口較濶時，可用一½吋長"上錫"裸銅綫，跨接裂口間，再用電銘鐵銲固之。

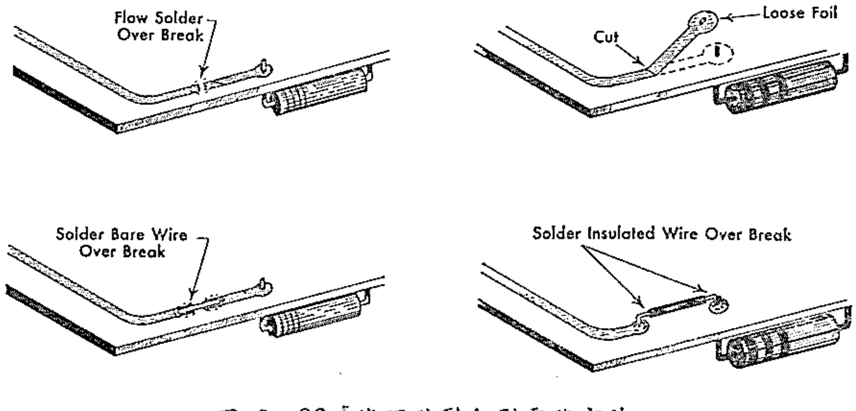


圖 3—86. 修理破裂印刷電路方法。

14. 若發現印刷電路一部份鬆脫時，可用剪鉗剪去，再用絶緣線跨接裂口間銲固之。

修 理 破 裂 印 刷 電 路 板

15. 若印刷電路板局部破裂時，可依照圖 3—87 所指示之方法修理之。先在距離裂口每邊大約 ¼ 吋銅箔接線上，分別鑽穿一小孔，用小刀將銅箔刮光；其次用 1 吋長裝機裸線屈成 U 字形，兩脚各長 ¼ 吋，由扳底經兩小孔穿過，拉緊屈貼在銅箔面上，成爲一鈎釘形狀，最後用錫條釬固之。

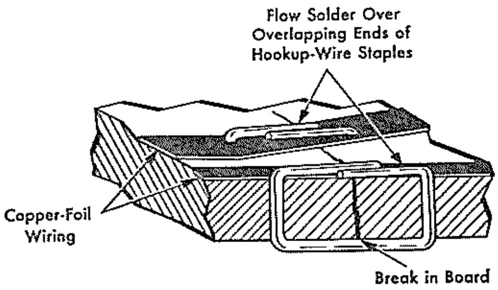


圖 3—87. 修理破裂印刷電路板方法。

更 換 晶 體 管

16. 一般晶體管接收機，爲求簡便起見，各級晶體管之電極，均直接釬固在印刷電路内，當更換時，可照圖 3—88 所指示之方法，用一尖咀鉗作爲散熱器，以免電銘鉄之高熱傳入引線將晶體管損壞，在更換晶體管時要兩手並用，一手握尖咀鉗夾緊晶體管引綫，一手握電銘鉄觸在印刷電路晶體管引綫接點上，待錫熔解時，立即利用散熱鉗將引綫搖鬆拔出。

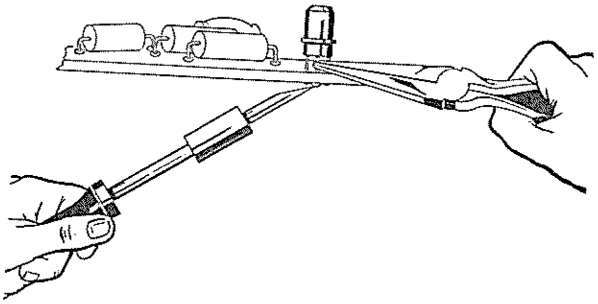


圖 3—88. 釬開或釬接晶體管時，要用尖咀鉗或金屬夾作爲散熱器。

釬開印刷電路上另件引綫

17. 有些另件之引綫係垂直插入印刷電路小孔，再屈貼在銅箔上釬固，伸出板面之引綫極短，在修理時，若不能用前述剪接方法，可依下列程序進行更換之。

(A)依照圖3—89所示，用電銘鐵觸在釬點上，當錫鎔化時，迅速移開電銘鐵，同時用綫刷掃去錫液，並揷鬆引綫。

(B)用薄刀片將緊貼銅箔面上之鬆動另件引綫托起拔出。

(C)將新另件之引綫刮光，穿過原有小孔，將長度剪至適合，及屈貼在銅箔面上，用錫條釬固之。

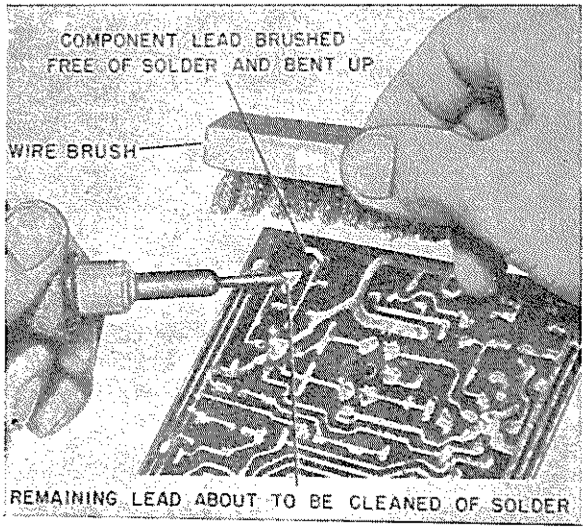


圖 3—89. 釬開印刷電路上另件引綫時，用綫刷掃殘除錫。

實驗 3—38　20 瓦電子管擴音機測驗

目　　　的：

1. 研究 AB_1 類推挽式 20 瓦擴音機之性能。
2. 測量擴音機各級之放大增益及响應。
3. 分析擴音機各級信號電壓相位關係。
4. 觀察擴音機各級之失真情形。

應用儀器：

1　東南電子管擴音機 No. 1.

1　5吋電子示波器。

1　電子開關。

1　聲頻信號產生器。

1　真空管伏表。

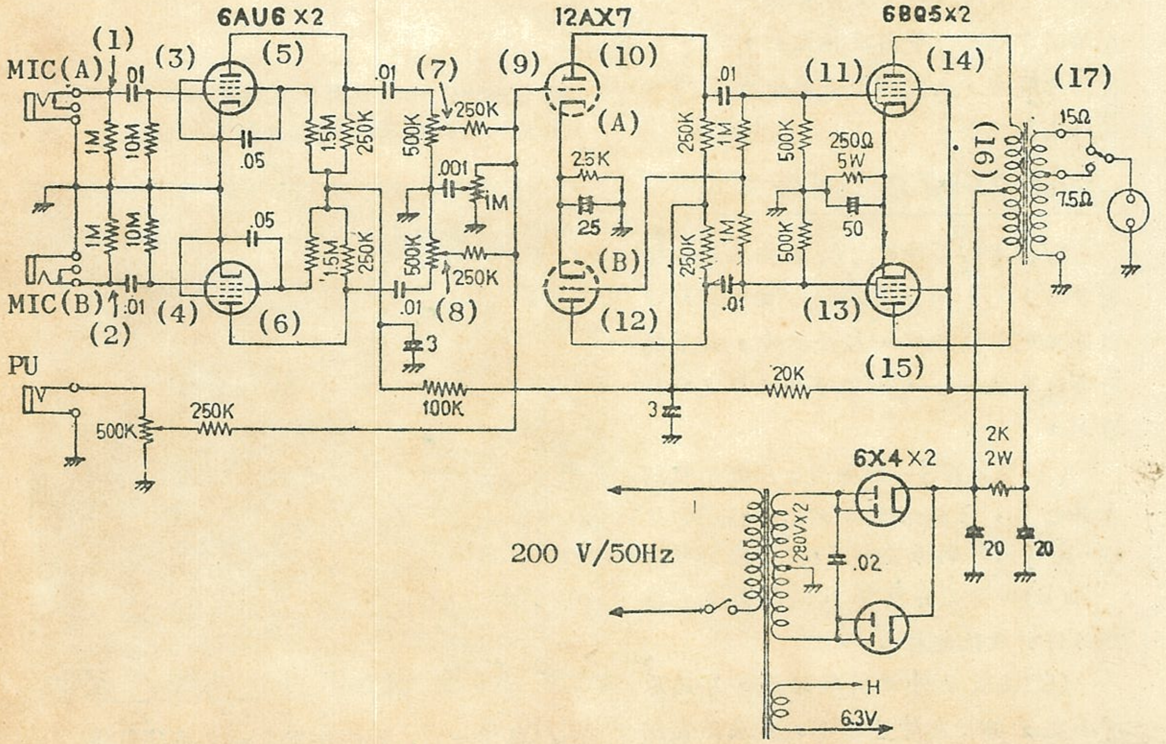


圖 3—90.　AB_1 類推挽式 20 瓦擴音機綫路圖。